

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

О. Мовчанюк, А. Остапенко

ФЛОТАЦІЯ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів, які навчаються
за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»,
освітньою програмою «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті
технології»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2020

Рецензент: Гомеля М.Д., доктор техн. наук, проф., завідувач кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 10 від 18.06.2020 р.)
за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету (протокол № 4 від 01.06.2020 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

Мовчанюк Ольга, канд. техн. наук, доц.
ОстапенкоАліна, канд техн. наук

ФЛОТАЦІЯ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

Флотація макулатурної маси [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньої програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології» / О. Мовчанюк, А. Остапенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові данні (1 файл: 1,36 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 77 с.

У посібнику викладені сучасні уявлення про флотацію макулатурної маси. Наведено конструкції сучасних флотаційних установок, розглянуто технологічні засади флотації, процеси, що пов'язані з видаленням друкарської фарби з макулатурної маси, особливості технологічних схем флотації макулатурної маси. Проаналізовано основні чинники, що визначають ефективність процесу флотації.

Посібник призначений для студентів (магістрантів) вищих навчальних закладів, що навчаються за освітньою програмою “Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології”, може бути використаний в системах післявузівського і дистанційного навчання.

© О. Мовчанюк, А. Остапенко, 2020

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020

ПЕРЕДМОВА

Розвиток комп'ютерних технологій та інтернету, що призвели до доступності так званої офісної техніки і всесвітньої мережі, замість перспективи «безпаперового офісу» і відмирання традиційної пошти, а відповідно, і відмови від паперу, призвели до протилежного: до тих куп паперу, які вже громадилися в офісах, додалися нові. Сторінки, які працівники офісу переглядають в Інтернеті, для зручності зазвичай теж роздруковуються. Як показує досвід, основна частина паперів, з якими має справу співробітник будь-якого офісу, – документи одноразового використання, які просяться в кошик для сміття негайно після прочитання. Паперові гори височіють, по-справжньому потрібні папери губляться, плутаються між собою. Але розміри офісу обмежені. Тому доводиться іноді робити чистку і повністю розбирати свої «волокнисті гори», і розставатися з ними. Проте сучасні технології здатні перетворити всі ці біло-чорні відходи на чистий папір, який можна знову використовувати в різних сферах промисловості та побуті. Саме таким чином замикається ланцюжок, що іменується «кругообіг паперу».

Важливим аспектом переробки офісної, книжково-журнальної, газетної та інших видів задрукованої макулатури є видалення друкарської фарби та зольних елементів. Особливе значення це має у випадку виробництва санітарно-гігієнічної та писально-друкарської картонно-паперової продукції.

Одним із способів видалення друкарської фарби з макулатурної маси, що не видаляється з неї при очищенні та сортуванні, є флотація. Сьогодні флотаційні апарати успішно використовуються на паперових підприємствах світу. Включення флотації в технологічну схему переробки макулатури є особливо необхідним у випадку підготовки макулатурної маси, призначеної для

виготовлення санітарно-гігієнічних видів паперу, до чистоти яких пред'являються особливі вимоги. На підприємствах вітчизняної паперової промисловості, що орієнтована на виробництво картонно-паперової продукції з вторинного волокна, санітарно-гігієнічні вироби з макулатури займають значний сегмент, тому питання флотаційного способу видалення фарби є досить актуальним для підприємств України.

Основне завдання цього навчального посібника – допомогти студентам у вивченні основ флотації – одного з найважливіших технологічних процесів приготування облагородженої макулатурної маси для виробництва паперу та картону, що передбачений для вивчення в рамках дисципліни «Технологія переробки макулатури». Крім того, навчальний посібник допоможе студентам у вирішенні практичних питань: правильно обирати обладнання для флотації, умови для ефективного проведення цього процесу; самостійно розробляти технологічні схеми флотації під час виконання індивідуальних завдань з цієї дисципліни.

1. ОБЛАГОРОДЖУВАННЯ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ. МІСЦЕ ФЛОТАЦІЇ В ОБЛАГОРОДЖУВАННІ

Комплекс технологічних процесів, що забезпечують максимальне відокремлення і видалення частинок друкарської фарби, зольних і клейких елементів з макулатурної маси, а також знебарвлення і підвищення білості вторинних волокон, називають облагороджуванням (deinking). Облагороджування дозволяє отримати високоякісну волокнисту суспензію для виробництва писально-друкарських, санітарно-побутових та інших видів білого паперу. На рис. 1. наведена діаграму впливу розмірів частинок різних речовин на білість і засміченість макулатурної маси.

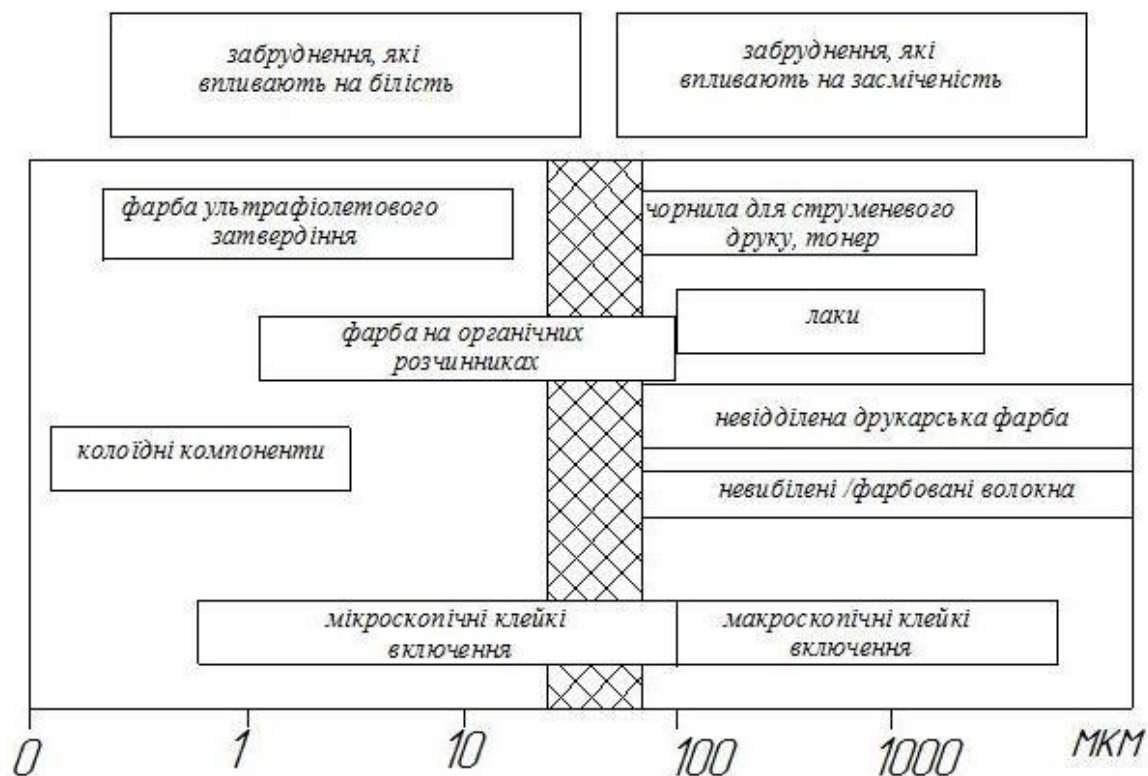


Рис. 1 – Вплив розмірів сторонніх включень на білість і засміченість макулатурної маси

Основна мета процесу облагороджування маси із задрукованої макулатури – відновлення білості і чистоти до рівня, що забезпечує можливість її використання замість первинного вибіленого целюлозного волокна.

Основними вимогами до якості облагородженої макулатурної маси є:

- поліпшення оптичних властивостей (нейтральне забарвлення, білість на рівні 65–72 %). При вихідній білості сировини 62–67 % в оптимальних умовах облагороджування можна досягти білості макулатурної маси 85–86 %;
- міцнісні властивості продукції мають посідати проміжне положення між продукцією з термомеханічної маси і сульфатної целюлози;
- мінімальний вміст забруднюючих речовин (смітинок) і клейких частинок.

Процес облагороджування макулатурної маси шляхом видалення з неї частинок друкарської фарби зазвичай проводиться в дві стадії:

- *попередня підготовка* волокнистої суспензії, що полягає у відокремленні частинок друкарської фарби від волокон суспензії;
- *видалення частинок друкарської фарби* з водної фази суспензії та отримання чистого волокна. Цей процес здійснюється двома способами: промиванням або флотацією.

Першу стадію процесу облагороджування макулатурної маси проводять у лужному середовищі, за одночасної механічної і теплової дії (під час розпускання макулатури). Під дією лугу відбувається омилення зв'язувальних речовин друкарської фарби, волокна набухають, частинки фарби розтріскуються і відокремлюються від волокон. Утворюється водна суспензія з волокон і частинок друкарської фарби. Ця стадія, як правило, протікає в процесі приготування макулатурної маси.

Під час другої стадії облагороджування відбувається видалення

попередньо відокремлених від волокна макулатурної маси частинок фарби, що здійснюють такими способами: промиванням (фізико-механічний процес), флотацією та адсорбцією (фізико-хімічний процес) або комбінуванням цих двох процесів. Для додаткового підвищення білості здійснюють третю стадію облагородження – вибілювання, що засноване на хімічних процесах знебарвлення або вибілювання вторинного волокна.

Видалення друкарської фарби зазвичай здійснюється у разі переробки газетної (марок МС-8В-2, МС-8В-3) і книжково-журнальної (марок МС-7Б-1 і МС-7Б-2) макулатури. Наявність макулатури з пакувального паперу і картону темних відтінків для облагороджування є небажаним, оскільки при цьому буде знижуватися загальна білість макулатурної маси.

Критерієм достатнього рівня білості, одержуваної в результаті облагороджування макулатурної маси, зазвичай є білість незадрукованих ділянок поверхні макулатури. Крім того, для оцінювання ефективності облагороджування макулатурної маси використовують коефіцієнт видалення друкарської фарби (від 0 до 100 %) або величину залишкової концентрації друкарської фарби. Для оцінювання оптичних властивостей облагородженої макулатурної маси використовують коефіцієнт спектрального відбиття, який визначають за допомогою спектрофотометра.

Механізм відокремлення частинок друкарської фарби від волокон включає: набухання волокон при зволоженні макулатури, послаблення хімічних зв'язків між волокном і частками фарби та механічну дію на волокна.

Відокремлення частинок фарби від волокна покращується із підвищенням концентрації маси під час розпуску. З метою більш повного відділення частинок фарби в масу під час розпуску додають хімічні речовини і здійснюють нагрівання маси. Під впливом лужних реагентів, тепла зв'язувальні речовини

омилюються, і фарби втрачають в'язучу здатність. В процесі розволокнення макулатури рН маси підтримують на рівні 9–10 за рахунок подачі їдкого натру.

Волокна в лужному середовищі інтенсивно набухають, що призводить до утворення тріщин у плівці друкарської фарби та її руйнування. Це також сприяє відриву частинок фарби з їх поверхні. У разі надлишку лугу підвищується абсорбційна здатність набухлого волокна, що може супроводжуватися частковим повторним осадженням частинок фарби на його поверхню. Щоб уникнути повторного осадження в ролі буфера використовують рідке скло (силікат натрію).

Застосування додаткового механічного впливу (ТДО макулатурної маси) сприяє відокремленню друкарської фарби за рахунок тертя між волокнами і дії на них робочих елементів диспергатора. Слід враховувати, що під час диспергування дещо знижується потенційна білість макулатурної маси внаслідок часткової адсорбції на волокнах подрібнених частинок друкарської фарби.

Ефективність відокремлення і подальшого видалення частинок фарби залежить від способу нанесення її на поверхню паперу і картону. Так, фарби для високого та глибокого друку порівняно легко відокремлюються від волокна порівняно з офсетним друком. Фарба для офсетного друку може викликати проблеми відокремлення її при «старінні» друкованого виробу через затвердіння алкідних зв'язувальних.

Для відділення міцно закріплених частинок друкарської фарби використовують процес ТДО із застосуванням різного диспергуючого обладнання. Дискові високошвидкісні диспергатори використовують для переробки макулатури, що містить частинки фарби офсетного та глибокого друку. Низькошвидкісні диспергатори розтираючої дії більш ефективні для

оброблення макулатурної маси, що містить частинки фарби лазерних принтерів.

Для більш повного відокремлення частинок фарби від волокон рекомендується використання поверхнево-активних речовин (ПАР), що поліпшують змочуваність фарби водою за рахунок зниження поверхневого натягу. Фарба стає гідрофільнішою, що інтенсифікує процес її відділення і диспергування.

Хімічні допоміжні речовини (ХДР), що застосовуються для видалення фарби з макулатурної маси, а також їх орієнтовні витрати наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Витрати ХДР для видалення друкарської фарби

Хімікат	Витрата (кг/т)
Гідроксид натрію	10–20
Силікат натрію	20–30
Мило	5–8
Тальк	10–15
Пероксид водню	5–25
Хелатуючі агенти (ДТПК) ¹	

Примітка. ¹ Зазвичай хелатуючі агенти не використовуються, якщо немає дуже високих концентрацій Fe- і Mn-іонів.

Хімікати для видалення фарби погано утримуються клітковиною волокон, і вважається, що вони, в основному, потрапляють у шлам, що утворюється у процесі видалення фарби і вивозиться на звалища або спалюється.

Застосування оброблення макулатурної маси різними ензимами (ферментативне оброблення) сприяє відділенню частинок друкарської фарби,

зменшенню їх розмірів, а також перешкоджає їх повторному осадженню на волокнах. Відповідні ферменти можна розділити на дві групи. Дія першої групи ферментів (целюлази і геміцелюлази) базується на деградації компонентів волокна, пов'язаних з фарбою. Процес супроводжується частковими втратами волокна. Дія другої групи ферментів (ліпази, естерази, пектинази) полягає в руйнуванні зв'язувальних компонентів друкарських фарб, виготовлених на основі рослинних олій.

Реакції ензиму включають обмежений гідроліз, що протікає у верхніх шарах волокон, до яких прикріплюється друкарська фарба в процесі друку. На ефективність ферментативного облагороджування макулатурної маси впливає тривалість процесу, рН середовища, температура і концентрація маси. Досить часто ферменти додають на початку процесу підготовки маси, замінюючи ними традиційні хімікати.

Відразу після ферментативного або лужного оброблення макулатурну масу піддають флотації, щоб уникнути повторного сорбування мікрочастинок фарби волокном. У промислових умовах весь процес такого облагороджування (розпуск — ферментативне оброблення — флотація) здійснюється за температури 50 – 55 °С, тривалість процесу становить 1,0 – 1,5 хв.

2. ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

2.1. Технологічні засади процесу флотації макулатурної маси

Флотація являє собою метод видалення забруднень, заснований на здатності гідрофобних частинок забруднень прикріплюватися до бульбашок повітря і переміщатися разом з ними до поверхні суспензії. У розбавлену масу подають повітря, яке, піднімаючись на поверхню у вигляді бульбашок, попутно захоплює гідрофобні частинки фарби, крейдувальних покриттів, наповнювачів, липких забруднень, в той час як гідрофільні волокна залишаються в суспензії. Суміш бульбашок повітря і гідрофобних частинок з водними прошарками утворює піну, яку видаляють з поверхні маси за допомогою скребків, переливу або вакуумного відсмоктування.

На поверхні вторинного волокна можлива наявність частково невідокремлених як гідрофобних домішок (частинок фарби), так і гідрофільних частинок (наприклад, зольних елементів, адсорбованих з води на гідрофобній поверхні частинок фарби), що може дещо зближувати їх за рівнем змочуваності. Тому перед флотацією необхідно здійснювати якомога більш ретельне відокремлення частинок забруднень від волокон. У свою чергу, поверхня дрібних (у діапазоні розмірів 1 – 10 мкм), відокремлених від волокон частинок може покриватися гідратною плівкою, і вони можуть стати цілком змочуваними і, відповідно, не здатними до флотації. Для агломерації таких частинок у більші агрегати використовують хімічні речовини – збирачі.

Під час флотації дуже важливим є дотримання певного рівня концентрації маси. Завищення рівня концентрації утруднює підйом забруднень

бульбашками повітря. Зниження рівня концентрації призводить до того, що посилюється турбулентність потоку і разом з бульбашками повітря в шар піни можуть потрапляти і вторинні волокна.

Чим вище гідрофобність частинок домішок, тим міцніше їх зв'язок з бульбашками повітря і тим стійкіше піна. Для підвищення стабільності піни застосовуються флотаційні реагенти (флотореагенти): емульсії неіоногенних поверхнево-активних речовин (ПАР) (акрилові ефіри оксиду поліетилену), модифіковані жирні кислоти, натрієве мило і ін. Внаслідок цього може відбуватися агломерація дрібних частинок друкарської фарби і змінюватися природа частинок наповнювачів, внаслідок чого підвищується здатність частинок прикріплюватися до бульбашок повітря.

При видаленні друкарської фарби методом флотації забезпечується ефективне видалення частинок розміром від 10 до 250 мкм при збереженні обривків волокон і частини наповнювача. Розміри частинок друкарської фарби в суспензії (сажа та пігменти) – 0,02 – 0,1 мкм, агломератів флексографічної фарби – 1:5 мкм, офсетної фарби – 100 мкм. Розміри агломератів окисленої друкарської фарби, які міцно скріплені з волокнами, можуть досягати 500 мкм і більше. Для підвищення ефективності флотації необхідно забезпечити зменшення розмірів великих частинок фарби, а частинки малих розмірів повинні бути укрупнені.

Швидкість флотації визначається, в основному, гідродинамічною взаємодією частинки і бульбашки повітря, що виникають при їх зближенні. Цю взаємодію можна визначити як далеку і близьку. Перша з них зумовлена збуренням, яке вносить бульбашка повітря в набігаючий на нього однорідний потік рідини, а друга – збуренням, що обумовлене існуванням в полі бульбашки частинки, яка зазвичай набагато менше бульбашки. Близня взаємодія значною

мірою визначається дією тонкої змочувальної плівки, що формується між частинкою і бульбашкою при їх зближенні; далека взаємодія цілком залежить від гідродинамічного поля бульбашки і, отже, від режиму спливання бульбашки і стану її поверхні.

Компонентний склад макулатурної сировини визначає рівень ефективності процесу флотації і білість вторинного волокнистого напівфабрикату. Так, наприклад, можливе підвищення білості макулатурної маси з крейдованого і крейдової макулатури без вмісту механічної деревної маси після флотації становить 17 – 22 %, а із макулатури з вмістом механічної деревної маси – близько 8 %. Це пояснюється тим, що лігнін деревної маси може взаємодіяти з компонентами друкарської фарби, в результаті чого вони більш міцно прикріплюються до волокон. Тому при відокремленні фарби утворюється велика кількість частинок розміром менше 30 мкм, що і призводить до зниження ефекту флотації.

2.2. Особливості технологічних схем флотації макулатурної маси

Технологічні лінії підготовки макулатурної маси для виробництва паперу часто включають два ступеня флотації: *попередню флотацію* і *постфлотацію*. Дані терміни визначають місце цих ступенів по відношенню до термодисперсійного оброблення. На рівні *попередньої флотації* видаляється до 90 % частинок друкарської фарби, що підвищує білість суспензії на 6–12 %, залежно від складу макулатурної сировини. Другий ступінь флотації (*постфлотація*) застосовується для підвищення чистоти волокнистого напівфабрикату, і приріст білості в ній не перевищує 2 %. Постфлотацію здійснюють без використання хімічних реагентів, що дозволяє видалити з

волокнистої суспензії частину хімічних речовин, наприклад, ПАР.

У процесі флотації вторинного волокна, що містить деревну масу, використовують, наприклад, такі реагенти, %:

пероксид водню (H_2O_2) 0,5-1,5

гідроксид натрію (NaOH) 1,0-1,5

силікат натрію (Na_2SiO_3) 2,0

ПАР (мило або жирні кислоти) 0,7-1,0.

На сучасних підприємствах, що використовують книжково-журнальну макулатуру, папір виробляють за нейтрального значення рН, тому попередня флотація здійснюється за рН 7,5–9,5, а постфлотація – за рН 6,0–7,5. Навіть за такої невеликої зміни рН спостерігається агрегація частинок органічних речовин. Отримані агрегати можуть бути видалені на ступені постфлотації макулатурної маси.

Інтенсивне видалення друкарської фарби методом флотації суспензії, що містить деревну масу з флексографічним друком, відбувається при величині рН 5,5–7,0. При використанні двоступеневої флотації можливо підвищення білості напівфабрикату до 55 %. Хімічні реагенти (флотоагенти) подають в гідророзбивач, а попередня флотація проводиться в кислому середовищі. Після згущення і вибілювання макулатурної маси перексидом водню здійснюється постфлотація в лужному середовищі.

Ефективність видалення флексографічної друкарської фарби під час флотації можна підвищити при використанні ПАР. Це особливо важливо в умовах лужного середовища, коли негативно заряджені частинки фарби не можуть прикріпитися до бульбашок повітря. Залежності від величини рН застосовують різні ПАР. Використання катіонних ПАР при величині рН 7–9 дозволяє підвищити білість макулатурної маси на 8–9 %.

Тверді речовини, що видаляються з маси при флотації, збираються в піні, утворюючи флотошлам. Кількість флотошлама складає 1,5–3,0 % від маси твердої речовини в суспензії. Основна частка твердих речовин флотошлама – це частинки друкарської фарби. Оскільки волокна макулатури недостатньо гідрофільні, флотошлам від оброблення макулатурної маси містить кількість їх, що не перевищує 10 %. Тому спосіб флотації, порівняно з промиванням, відрізняється більш високим виходом облагородженого волокна – близько 85–95% від того, що надходить на флотацію, оскільки практично не видаляються дрібне волокно і значна частина наповнювача.

Видалення частинок друкарської фарби пов'язане з неминучими втратами волокна, які залежать від ступеня видалення зольних елементів. Так, зниження кількості зольних елементів на 50 % супроводжується загальними втратами твердих речовин на 16 % і втратами дрібних волокон до 3–4 %. Для скорочення втрат твердих речовин при флотації необхідно більш ретельне попереднє відокремлення частинок друкарської фарби та зольних елементів від волокон (особливо дрібних) в процесах розпуску макулатури і диспергування макулатурної маси. Втрати твердих речовин можна зменшити за рахунок вторинної флотації отриманого флотошлама. Значна частина флотошлама представлена зольними (неорганічними) елементами (60–65%) та сумішшю дрібного волокна з частинками друкарської фарби (30–35 %).

У паперовій промисловості застосовують два типи флотації. Для видалення частинок друкарської фарби з волокнистої суспензії використовується флотація-облагороджування, про яку викладається в цьому розділі. Крім неї, використовують мікрофлотацію, або флотацію виробничої оборотної води, що використовується для очищення води, уловлювання волокна і видалення домішок, здатних до флотації.

2.3. Обладнання для флотації макулатурної маси

Як зазначалося вище, метод флотації для видалення частинок фарби з маси заснований на відмінності в рівні змочуваності компонентів суспензії (волокна і забруднень), що розділяються.

Флотаційні установки розрізняються способами утворення бульбашок повітря. При подачі повітря в суспензію через проникні тіла, такі як перфорований листовий матеріал або пориста кераміка, розмір бульбашок повітря залежить від поверхневого натягу суспензії, розміру отворів для подачі повітря і об'єму повітря, що подається. Іншим способом утворення бульбашок повітря є застосування спеціальних змішувачів, що представляють собою інжекційні сопла особливої конструкції для подачі повітря у флотаційні комірки, що забезпечують рівномірний розподіл повітря в комірці і оптимальний розмір бульбашок.

Флотаційні установки розрізняються за конструкцією, габаритами і принципом дії. Розглянемо деякі з них.

Для проведення процесу флотації АТ «Петрозаводскмаш» випускав флотаційні установки типу ФМ-1 (рис. 2).

Установка складалася з трьох (двох) блоків флотації, з'єднаних між собою системою трубопроводів з необхідною апаратурою. Кожен блок флотації включає в себе дві флотаційні камери, що встановлені вертикально (одна під одною), і систему видалення відходів, що складається з вентилятора, повітропроводів і піновідокремлювачів. Розбавлена до необхідної концентрації маса послідовно проходить через три (два) блоки. Всередині кожного блоку флотації маса по чергові проходить через обидві флотаційні камери. Перед входом в кожну з них відбувається змішування маси з повітрям. Всередині

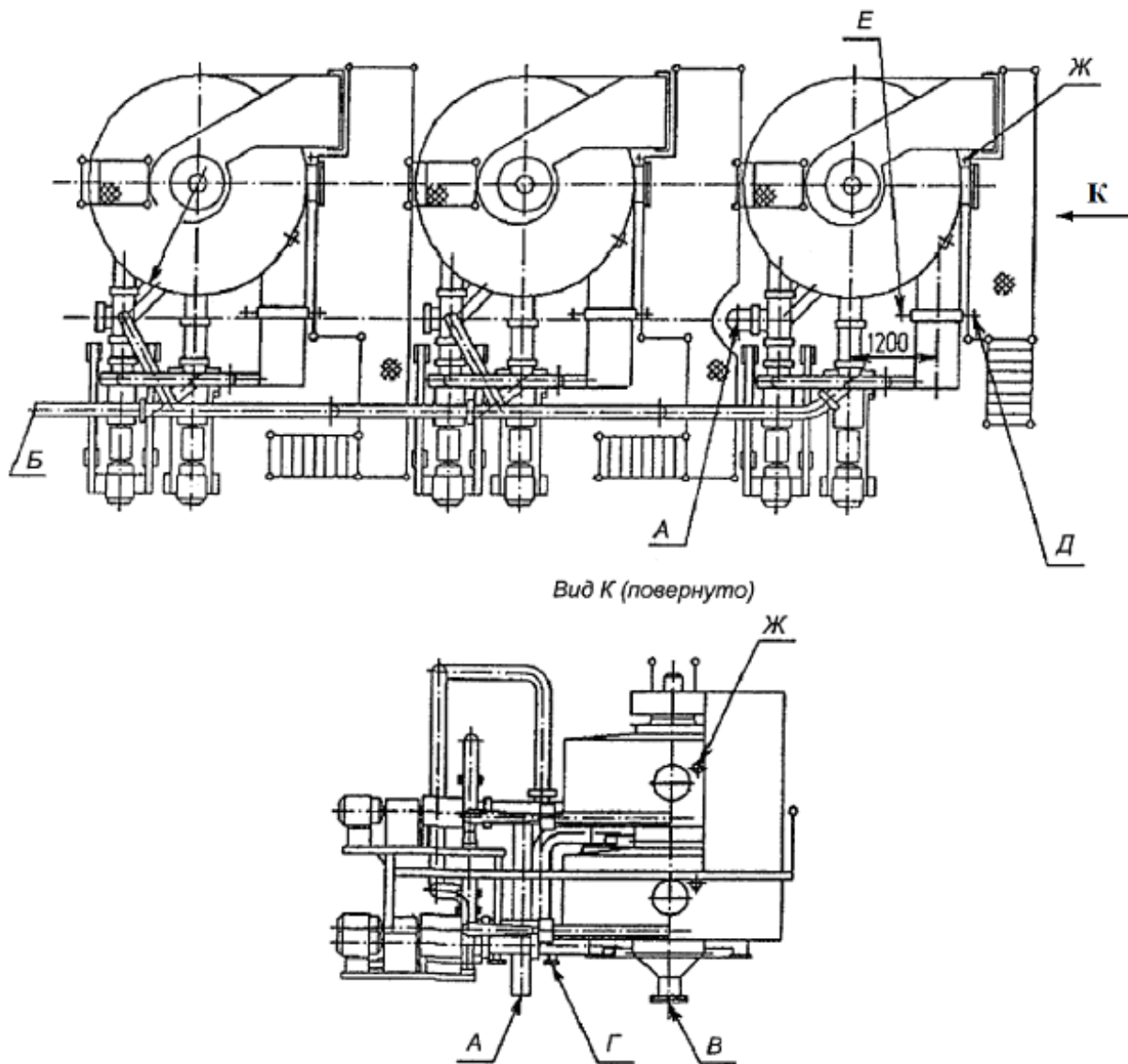


Рис. 2 – Схема флотаційної установки ФМ-1:

А – підведення маси; Б – відведення маси; В – відведення відходів; Р – зливання маси; Д – підведення повітря; Е – вода на промивання; Ж – вода на сприск

флотаційних камер відбувається утворення бульбашок повітря і адсорбція на поверхні частинок фарби. Піна, що утворюється на поверхні маси всередині флотаційної камери, безперервно відводиться за допомогою піновідділювача. Очищена маса з установки відбирається насосом. Продуктивність установки 60–120 т п.с. волокна/добу, встановлена потужність 138–342 кВт.

На рис. 40 наведено схему флотаційної камери «Unisell» фірми «Escher-Wiss» (правонаступником цієї фірми є ANDRITZ GROUP). Ці флотаційні камери працюють без механічних приводів, не потребують великих витрат енергії та витрат на обслуговування.

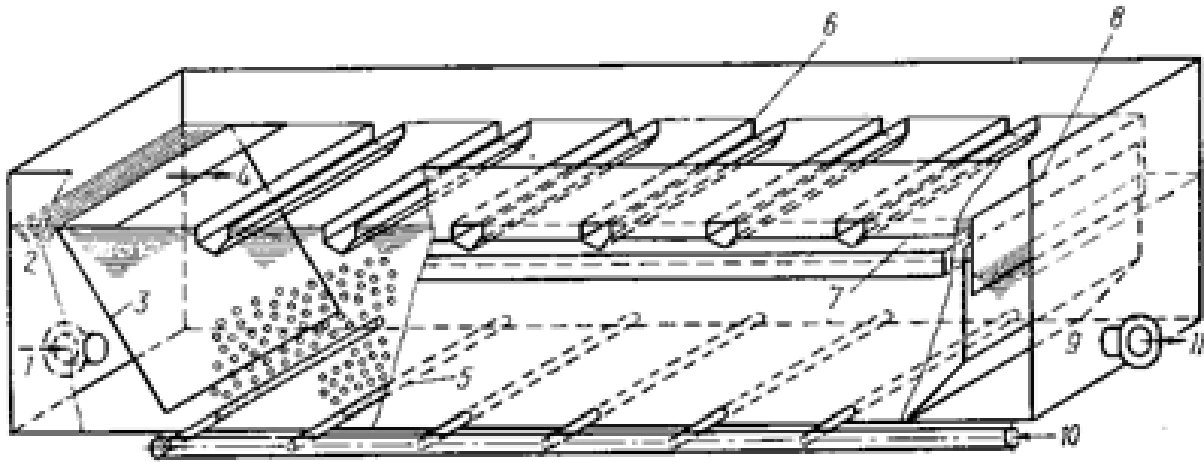


Рис. 15 – Флотаційна камера «Unisell» фірми «Escher-Wiss»:

1 – патрубок входу маси; 2 – розподільний пристрій; 3 – переливна перегородка; 4 – основна частина камери; 5 – трубки подачі повітря; 6 – лотки для збору піни; 7 – збірний канал; 8 – переливна перегородка; 9 – приймальний пристрій; 10 – колектор подачі повітря; 11 – патрубок виходу маси

Волокниста суспензія через патрубок 1 надходить у розподільний пристрій 2, що забезпечує рівномірний розподіл маси по всій ширині камери.

Після заповнення цього пристрою суспензія через переливну перегородку 3 надходить в основну частину камери 4, де і здійснюється процес флотації. Над днищем камери розташовані трубки 5, що з'єднані з колектором 10, через які в камеру подається повітря. Для розпилення повітря і утворення бульбашок на трубках є спеціальні распилювальні форсунки. Останнім часом в якості повітропостачальних елементів застосовують текстильні мати, що менше ніж форсунки схильні до забивання неволокнистими частинками. Витрата повітря становить приблизно $15 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 т а.с.м. Частинки друкарської фарби, що піднімаються угору з повітрям, утворюють піну, яка накопичується в лотках 6. Осідаючи в лотках, піна за допомогою повітря зганяється в збірний канал 7. Волокниста суспензія, поступово проходячи камеру по всій довжині через переливну перегородку 8, надходить в приймальний пристрій 9 і видаляється через патрубок 11. Піна, що містить деяку кількість волокна, зі збірного каналу 7 надходить у вторинну таку ж камеру. Для флотації піни можуть застосовуватися флотаційні камери, описані вище.

Зазвичай встановлюють одну первинну і одну вторинну камеру. Продуктивність флотаційної установки залежить від складу і ступеня забрудненості волокнистої суспензії. Вона регулюється за допомогою засувки на подаючому масопроводі. Ширина використовуваних камер становить від 2 до 4 м, довжину вибирають залежно від необхідної продуктивності. Вважають, що корисний об'єм камери повинен складати приблизно 1 м^3 на 1 т а.с. облагородженої маси при робочій висоті 1,3 м. Флотаційні камери можна розташовувати в два поверхи, займаючи висоту до 4 м і скорочуючи потрібну виробничу площу. Для отримання облагородженої маси з високим ступенем білості волокниста суспензія повинна знаходитися в первинній камері приблизно 10 – 20 хв при кількості відходів 4 – 5 %.

Істотними недоліками цих флотаційних камер є велика площа, займана обладнанням, обмежені можливості контролю за ходом процесу флотації і необхідність частих зупинок для очищення їх.

Фірма Kadant Lamort випускає багатозонний флотатор типу MacCell. Основною частиною установки є флотаційна камера, що складається з трьох-п'яти флотаційних комірок, встановлених одна над іншою (рис. 3). Робота флотаційної камери відбувається наступним чином.

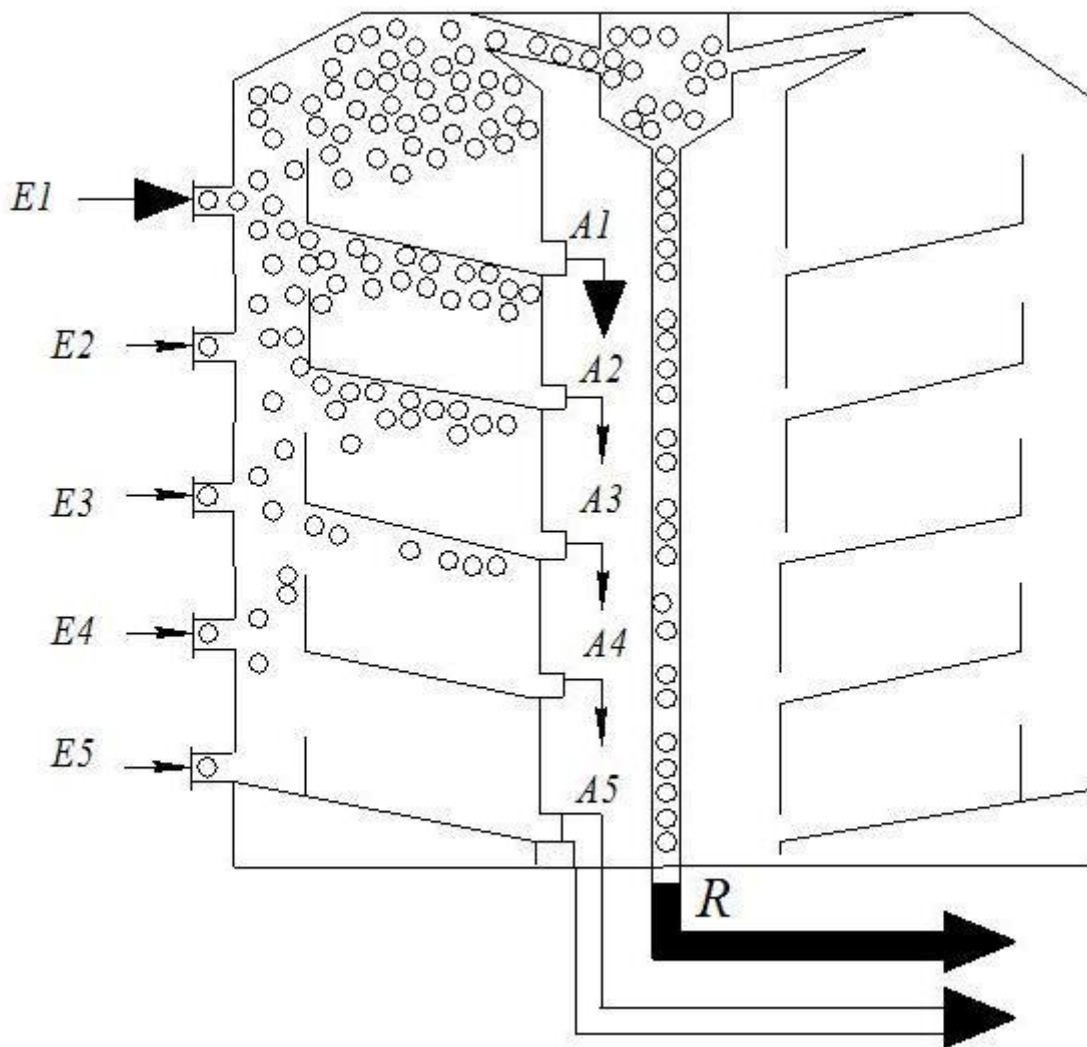


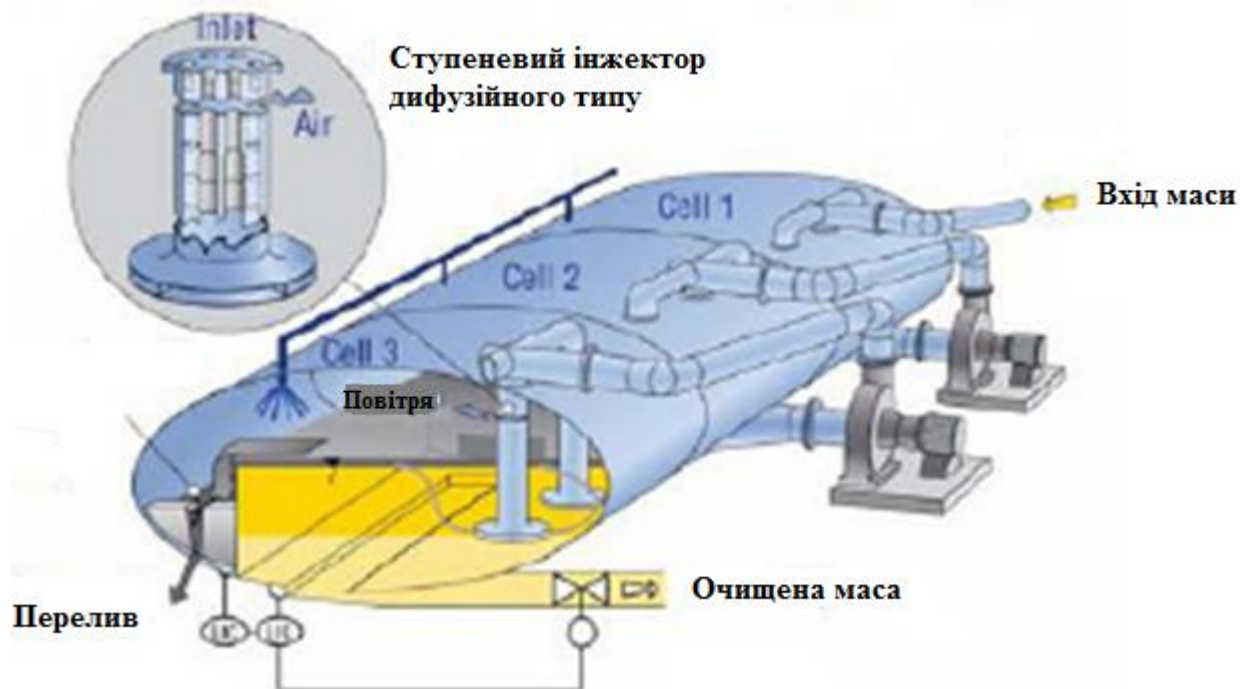
Рис. 3 – Схема флотаційної камери Mac-5A з п'ятьма комірками

Неочищена маса після насичення повітрям інжектором подається у верхню камеру через патрубок E1. Маса, що виходить з верхньої комірки через патрубок A1, насосом подається на вхід E2, перед яким знову насичується повітрям. З патрубка A2 маса подається на вхід E3 і т.д. до самої нижньої комірки, звідки через патрубок A5 відводиться облагороджена маса. Відходи збираються в верхній частині камери і відводяться по центральному каналу R. Повітря подається в волокнисту суспензію через спеціальні змішувальні пристрої з інжекторами, які розташовані зовні камери. Це дозволяє, в разі потреби, регулювати кількість повітря, що подається. Флотаційна камера закрита і всередині неї відбувається рециркуляція повітря.

Видалення відходів відбувається за невеликого надлишкового тиску, його можна регулювати для запобігання виносу волокна разом з піною. Завдяки цьому в більшості випадків немає необхідності в обробці маси у вторинних флотаційних установках. Продуктивність таких установок становить від 75 до 240 т/добу по волокну.

Флотаційна камера типу EcoCell фірми Voith (рис. 4) виконана у вигляді еліптичної труби з окремими комірками, оснащена інжектором типу CF зі ступінчастим дифузorzом і має другу сходинку флотації для зменшення втрат волокна. Ця камера дозволяє ефективно видаляти частинки фарби, клейких забруднень і наповнювачів розміром 5–500 мкм; використовувати її в широкому діапазоні навантажень; видаляти зольні елементи завдяки двоступеневій конструкції.

Технічні характеристики флотаційних камер типу EcoCell фірми Voith різних типорозмірів представлено в таблиці 2.



**Рис. 4 – Принципова схема флотаційної камери типу EcoCell фірми Voith
(типорозмір ECC 3/38)**

**Таблиця 2 – Технічні характеристики флотаційних камер типу
EcoCell різних типорозмірів**

Типорозмір ECC LEF	1/38	2/38	3/38	2/44	3/44	4/44	5/44	6/44	8/44	10/44
Продуктивність, т/добу	85	170	255	230	350	460	580	766	930	1160
Питоме енергоспоживання, кВт-год/т	10–15									

Примітка: 3/38: 3 – кількість аераційних елементів на комірці, межі довжини однієї комірки (м); 38 – діаметр горизонтального еліпса комірки (дм).

Для стандартної ситуації необхідно встановити 5 первинних комірок і 1 вторинну. Фактична кількість первинних та вторинних комірок залежить від сировини, виробничих потужностей та необхідного технологічного результату.

Техічні рішення фірми Voith:

- затверджена технологія EcoCell з використанням внутрішніх аераційних установок та можливістю управляти продуктивністю завдяки взаємозв'язку комірок;

- FloFlexYield – запатентоване рішення з частковою переробкою піни в пост флотації;

- LowEnergyFlotation (LEF) - запатентована енергозберігаюча флотація;

- самоочищення, без заглушок і зносу – безкоштовна система з низькою необхідністю втручання в процес;

- автоматизований контроль потоку піни;

- внутрішня аераційна установка, в результаті якої утворюється вузький контур технологічного повітря;

- розумна модульна конструкція.

Переваги флотаційних камер типу EcoCell:

- найкращий можливий коефіцієнт посилення яскравості та найвища видалення частинок розмірами 5 – 500 мкм;

- первинна і вторинна флотація з мінімальними втратами волокна;

- низьке споживання енергії в діапазоні 10 – 15 кВт-год/т

- відсутність необхідності втручання в роботу установки;

- відсутність додаткових витрат через відсутність зношування деталей;

- система самоналагодження майже не має періоду адаптації в експлуатації;

- відсутність будь-якого випаровування (комфортне атмосферне

середовище);

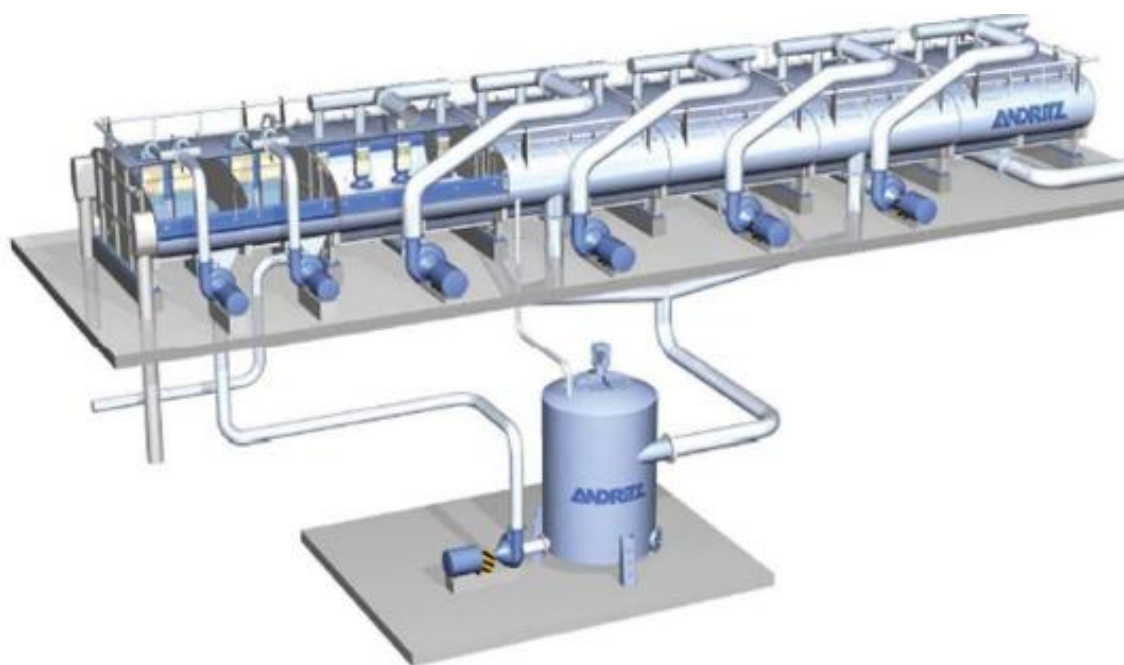
– легкість перетворення системи EcoCell-флотації у високопродуктивну та/або енергозберігаючу LEF, що порівняно з конкурентними системами дозволяє зекономити енергії до 50 %.

Флотаційна камера типу SelectaFlotTM фірми Andritz має два ступеня в одному апараті (рис. 5). Мультиінжектор забезпечує оптимальне формування і розподіл бульбашок повітря в суспензії. Видалення частинок друкарської фарби та інших (аніонних) домішок здійснюється при мінімальній втраті волокна. ПВЕ такої камери на 20 % нижче, ніж в аналогічних апаратах за рахунок оптимальної аерації маси по всьому об'єму камери. Продуктивність камери становить від 20 до 1200 т/добу по волокну залежно від модифікації апарату. Камера оснащена простою системою управління вузлом аерації, зручна для технічного обслуговування, що дозволяє скоротити витрати на її експлуатацію.

Флотаційна камера типу OptiBright фірми Valmet має кілька комірок. Перевагами апарату є низькі питомі витрати електроенергії (ПВЕ) і витрати свіжої води, багатоступеневе оброблення суспензії та флотошламу. Принцип дії камери базується на різниці щільності маси в різних відділеннях комірки камери (аераційному - суспензія з повітрям) і сепараційному (просто суспензія), за рахунок якої відбувається рух маси без допомоги насоса. Надійшовши в комірку, маса потрапляє в сепараційну зону і рухається вниз у зону аерації, в яку вводиться повітря за допомогою ротора спеціальної конструкції. Гідрофобні частинки прикріплюються до бульбашок повітря в зоні високої турбулентності навколо ротора і захоплюються ними у верхню частину комірки. Далі потік маси направляється в сепараційну зону наступної комірки і знову рухається по спіральній траєкторії.



а



б

Рис. 5 – Флотаційна камера типу SelectaFlot™:

а – встановлення камери; б – загальний вигляд

Особливістю цієї камери є широкі можливості з регулювання параметрів флотації: відношення обсягів повітря і волокнистої суспензії; середній розмір бульбашок повітря; приріст білості макулатурної маси, ефективність видалення зольних елементів при збереженні волокна. Експлуатаційні характеристики камери: продуктивність однієї комірки – 7000–8000 дм³/хв, концентрація маси – 1,0–1,2 %, вміст зольних елементів на вході – 16–18 %, ступінь видалення зольних елементів – 30–50 %, температура – 45 °С, підвищення білості – на 10–12 одиниць.

Фірма Valmet розробила флотаційний апарат MuST Flotation Cell (рис. 6), в якому диспергування та перемішування повітря в суспензії здійснюються у спеціальному роторному пристрої.

Перевагами такого конструктивного рішення є:

- поєднання декількох ступенів флотації в одній камері;
- відсутність насосів для перекачування суспензії на наступні ступені флотації, внаслідок чого енергія витрачається лише на аерацію маси;
- висока концентрація відходів (більше 4 %);
- можливість регулювання співвідношення витрат суспензії й повітря.

Результати випробування цього апарата показали, що оброблювана суспензія може мати більш високу вихідну концентрацію – 1,5 % проти 1,1 % для існуючого флотаційного устаткування. Даний пристрій дозволяє скоротити площі, займані флотаційними установками, витрати на транспортування відходів, а також зменшити витрату свіжої води.

На рис. 7 показана схема включення цих флотаційних установок в технологічний потік облагородження макулатурної маси. Концентрація волокнистої суспензії, що надходить на флотаційне оброблення, становить не більше 1,5 %.

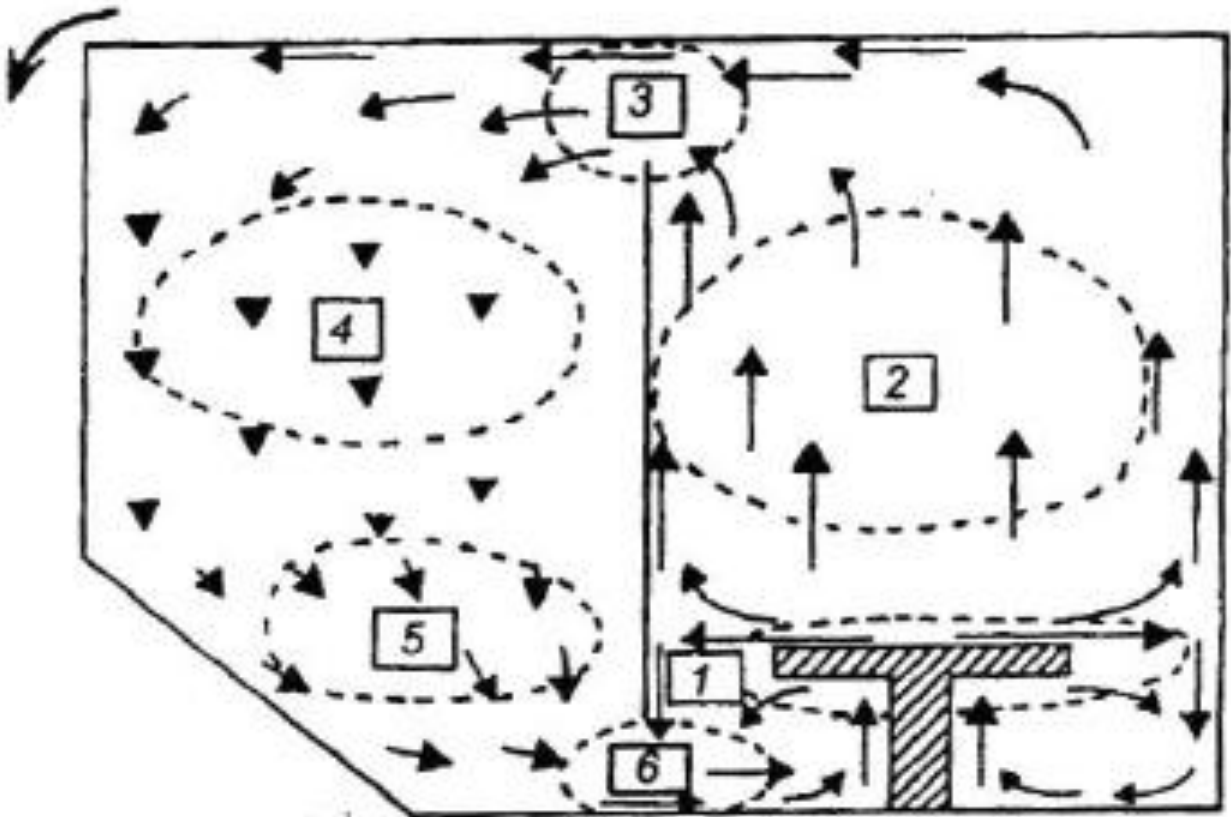


Рис. 6 – Схема руху потоків макулатурної маси у флотаційній камері MuST

Flotation Cell:

1 – зона високих турбулентності і швидкості потоку; 2 – зона низької турбулентності і високої швидкості потоку; 3 – зона відділення повітря і зменшення швидкості потоку; 4 – зона відділення повітря і низької швидкості потоку; 5,6 – зона швидкого збільшення швидкості потоку

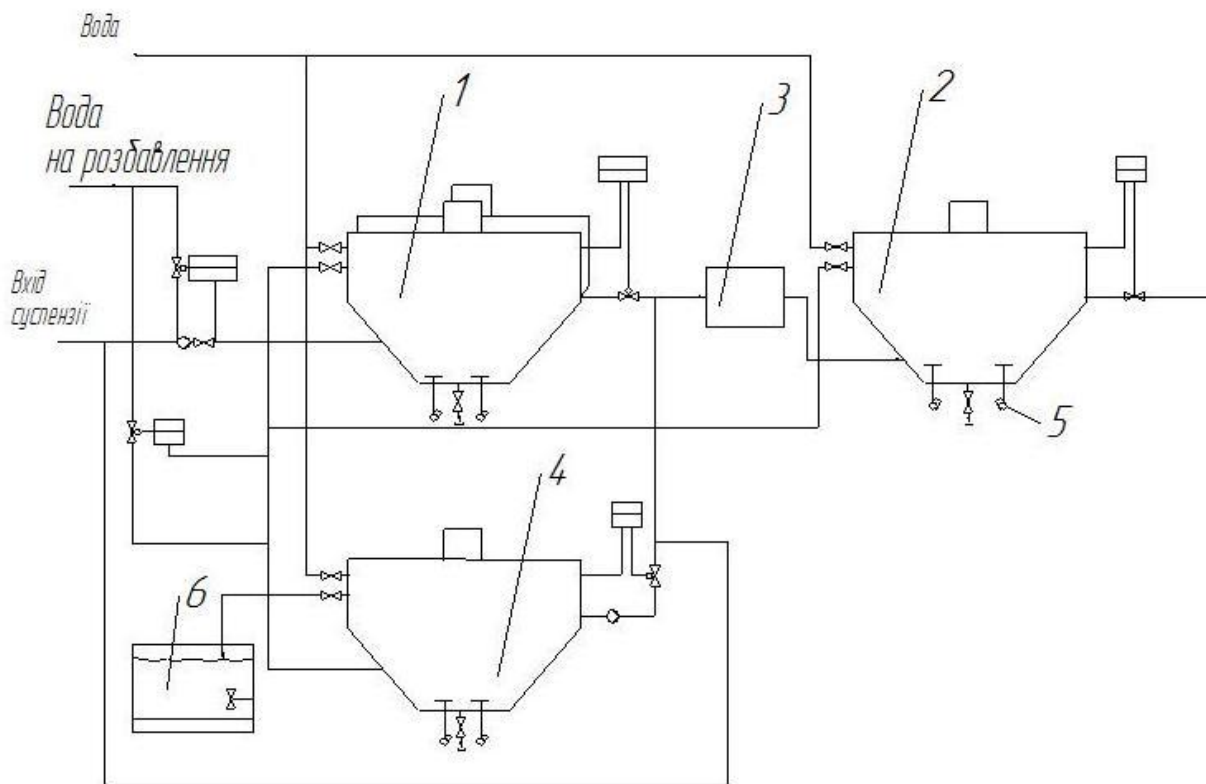


Рис. 7 – Схема включення флотаційного апарату MuST Flotation Cell в технологічний потік облагороджування макулатурної маси:

1 – первинна камера; 2 – завершальний ступінь флотації; 3 – сортування, очищення, диспергування; 4 – вторинна камера; 5 – перемішувальні пристрої; 6 – бак відходів

В даний час ведеться активний пошук і розробка нових конструкцій флотаційних установок. Водночас досліджуються ефективність і області можливого застосування різних активізують процес флотації реагентів.

Крім розглянутих способів облагороджування є відомості про поширення серед переробників макулатури адсорбційного способу облагороджування. Перевагою цього способу є проведення процесу при високій концентрації маси,

що дозволяє знизити енерговитрати на перекачування маси. Механізм процесу адсорбційного облагороджування пов'язаний з переходом друкарської фарби з волокна на поверхню спеціального адсорбенту. В якості такої адсорбуючої поверхні використовуються різні полімерні матеріали у вигляді гранул або робочих органів апаратів.

Згідно з результатами проведених досліджень, існує можливість підвищення білості макулатурної маси з 45 до 70 %, залежно від виду макулатури, виду хімічних реагентів і тривалості оброблення. Основним недоліком цього способу є необхідність очищення поглинаючої поверхні або видалення полімерних адсорбентів з волокнистої маси, що вимагає додаткових витрат води і хімікатів.

2.4. Процеси, пов'язані з видаленням фарби

В процесі облагородження друкарська фарба спочатку повинна бути відокремлена від волокон. Можлива комбінація цих двох процесів.

Флотація – самий розповсюджений метод знебарвлення. Вона забезпечує високий вихід маси, тобто втрачається невелика кількість волокна і потрібно менше зусиль на очищення оборотної води, що утворюється на наступних стадіях технологічного процесу.

Розділення целюлозних волокон і частинок типографської фарби, а також клейких забруднень здійснюється в суспензії завдяки їх різним поверхневим властивостям.

Ефективність видалення фарби залежить від її властивостей. Фарба для високого друку порівняно легко відокремлюється від волокон. Офсетна фарба може викликати проблеми, які з'являються з «віком» задрукованого видання у зв'язку з затвердінням алкідних зв'язувальних офсетної фарби. Папір з

глибоким друком значно легше облагороджується у порівнянні з офсетним друком. Флотація малоефективна при видаленні флексографічних фарб на водній основі, і в той же час при промиванні такі фарби видаляються без проблем. Зауважимо, що флексографічний друк не знайшов широкого розповсюдження в Європі.

Видалення фарби залежить також від властивостей паперового аркуша. Облагороджування паперу з покриттям є значно простішим, ніж без покриття.

Загальні вимоги до хімічних речовин для здійснення облагороджування маси залежать від використовуваної сировини, вимог до облагородженої маси і типу процесу. Процес флотації вимагає більшої кількості хімічних речовин порівняно з промиванням. Макулатура високої якості типу офісного паперу без деревної маси зазвичай вимагає меншої кількості хімікатів, ніж зібрана в домашніх господарствах (газетно-журнальна макулатура), і макулатура, що містить деревну масу.

2.4.1. Механізм відокремлення фарби від волокна, роль використовуваних хімікатів

Відокремлення частинок фарби від макулатурної маси починається в гидророзбивачі, де в умовах інтенсивного перемішування в присутності хімікатів здійснюється розм'якшення сполучних речовин композиції фарби, а внаслідок зсувних зусиль відбувається зменшення адгезії частинок фарби до волокон.

В процесі розволокнення макулатури значення рН підтримується на рівні 9 – 10 за рахунок дозування у ванну гидророзбивача їдкого натру. Внаслідок додавання їдкого натру волокна набухають, і при цьому більш легко відділяються частинки фарби.

У ролі буфера рН виступає рідке скло (силікат натрію), підтримуючи рН на бажаному рівні. Одночасно рідке скло покращує диспергування частинок друкарської фарби і перешкоджає їх повторному осадженню на волокнах.

Пероксид водню, який додають у ванну гідророзбивача, працює як реагент для компенсації пожовтіння механічних волокон, що викликається їдким натром. Вибілювання перексидом водню здійснюється найкращим чином за високої температури, але разом з тим висока температура призводить до розм'якшення термопластичних забруднень stickies, що знаходяться в макулатурі, утруднюючи цим їх видалення при подальшому сортуванні.

Деякі іони металів, наприклад, заліза, марганцю і міді, можуть каталізувати розкладання перекису водню. Додаючи органічні комплексоутворювачі — хелати типу етилендіамінтетраацетилової кислоти (ДТРА), діамінтриетиленпентаацетилової кислоти (EDTA) або диетилентриамінпентаметилефосфорної кислоти (DTMPA), які реагують з перерахованими іонами, можна запобігти розкладання перекису водню.

Пероксид водню може розкластися через дії мікроорганізмів. Бактерії, що містяться в оборотній воді, виробляють фермент, званий каталазою, який розкладає пероксид водню. Існують різні методи для попередження розкладання перексиду водню.

2.4.2. Повторне осадження фарби на волокнах

Після відокремлення частинок фарби і розсіювання їх у суспензії існує небезпека повторного їх осадження на поверхні волокон, якщо колоїдна стабільність частинок фарби не досить висока. Можуть бути три типи повторного осадження: попадання в порожнини (люмени) волокон, фізико-хімічне і механічне осадження на поверхню волокна. Частинки фарби можуть

бути також затримані «мережею» волокон у процесі зневоднення маси.

Попадання в люмен означає, що маленькі частинки фарби проходять через пори в стінці волокна і входять в люмен. Це явище може статися незалежно від поверхневих властивостей частинок. У люмені можуть повторно відкладатися як гідрофільні, так і гідрофобні частинки.

Великі частинки можуть повторно осідати на поверхні волокна. Це може статися внаслідок фізико-хімічної адсорбції або механічного захоплення поверхнево-активною поверхнею волокна. Щоб уникнути подібного повторного осадження частинок фарби, волокна повинні бути гідрофільними. Хімікати, що використовуються в гидророзбивачі (поверхнево-активні речовини, їдкий натр і рідке скло), забезпечують гідрофільні властивості частинок фарби. За наявності гідрофобних волокон також можливе повторне осадження частинок. Гідрофобність волокон може бути пов'язана з залишками раніше використаних при знебарвленні хімікатів або екстрактивних речовин, що виділяються в процесі виробництва механічної маси.

2.4.3. Флотація маси

Після розволокнення макулатури окремі дисперговані частинки фарби мають розміри, що відповідають кривій розподілу. Склад фарби і гідродинамічний режим розволокнення визначають такий розподіл. Якщо фарба відділяється легко, середній розмір частинок є значно меншим, ніж у випадку фарби, що важко диспергується. На відміну від процесу промивання, коли видаляються дуже дрібні частинки фарби, флотація розраховується на видалення частинок більших розмірів. Відомості про оптимальний розмір частинок, що забезпечує їх ефективне видалення, містяться в багатьох джерелах.

Поверхневі хімічні властивості частинок фарби також впливають на ступінь їх видалення. Наприклад, гідрофільні частинки добре видаляються під час промивання. При флотації простіше видаляються гідрофобні частинки. Для успішної флотації частинки фарби повинні агломерувати у великі скупчення. Поверхневі властивості цих скупчень також повинні змінитися, тобто їх гідрофобний характер має посилюватися.

Флотація являє собою метод поділу, заснований на різних поверхневих властивостях частинок. При введенні повітря в розбавлену водою масу концентрацією 0,8–1,5 % частки друкарської фарби, що змінили свої поверхневі властивості на гідрофобні (водовідштовхувальні), прикріплюються до бульбашок повітря і піднімаються на поверхню флотаційних комірок. Гідрофільні волокна залишаються у водній суспензії. Піна, яка містить фарбу, може бути видалена з поверхні флотаційних комірок механічно за допомогою скребків, за рахунок переливу або вакуумного всмоктування. Крім фарби, піна містить дрібні волокна і зольні компоненти – наповнювачі і пігменти паперового покриття, які при флотації видаляються досить ефективно. Це означає, що у відходах флотації високий вміст золи, що пов'язано з присутністю в макулатурі, переважно журнальній і газетній, високого вмісту наповнювачів або пігментів. Палітурки друкованих видань збільшують кількість піни. Флотація недостатньо ефективно видаляє клейкі забруднювачі (близько 50 %).

Розмір повітряних бульбашок залежить насамперед від типу повітряного інжектора і гідродинамічних параметрів установки. Надмірна турбулентність у флотаційних камерах може призвести до перешкод у процесі флотації. Найефективніше флотація відбувається, коли розмір частинок приблизно 20 – 40 мкм. Ці розміри є граничними для виявлення неозброєним оком.

Прикріплення мінеральних або інших твердих часток до повітряної

бульбашки називається мінералізацією повітряних бульбашок або елементарним актом флотації. Можливість утворення флотаційного комплексу «частинка-бульбашка», швидкість процесу і міцність зв'язку, тривалість існування комплексу залежать від природи частинок, характеру взаємодії реагентів з їх поверхнею і від здатності частинок змочуватися водою. Під терміном «змочування» об'єднують комплекс явищ, що відбуваються на межі поділу фаз уздовж периметра їхнього зіткнення, званого також периметром змочування. На рис. 8 показана схема прилипання бульбашок газу.

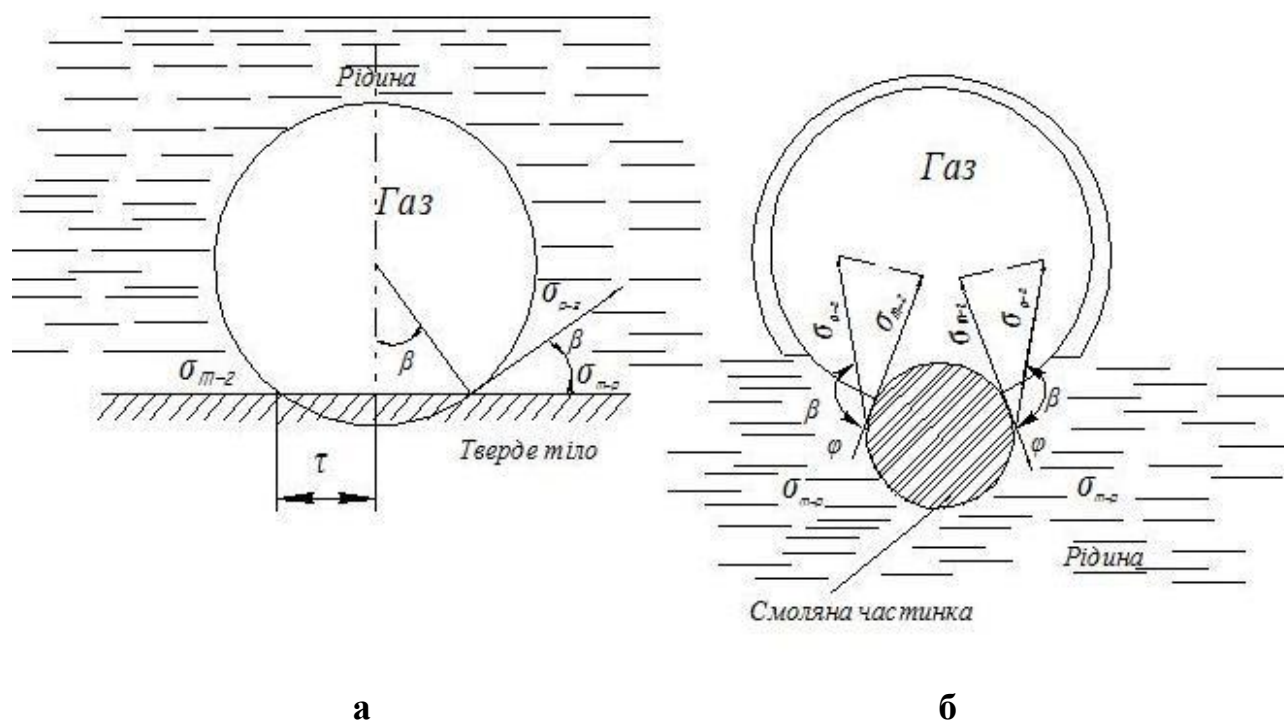


Рис. 8 – Схема прилипання бульбашок газу:

а – при куті змочування β менше 90° ; б – при куті змочування β більше 90° ($\sigma_{т-г}$, $\sigma_{р-г}$ – сила поверхневого натягу на межі розділу «тверде тіло – рідина», «тверде тіло – газ», «рідина – газ» відповідно)

При крайових кутах змочування β , близьких до нуля, тобто для частинок, що добре змочуються рідиною, флотованість близька до нуля. Для частинок, що погано змочуються рідиною (гідрофобних), крайовий кут змочування прагне до 180° і флотованість наближається до максимального значення. Таким чином, чим менше змочуваність частинок, тим краще вони флотуються. За П.А. Ребіндером, частки в діапазоні розмірів 1 – 10 мкм відносяться до області шламів. Такі частинки здійснюють броунівський рух. Поверхня їх втрачає свою дискретність, покривається гидратованою плівкою, вони стають цілком змочуваними і не здатними флотувати. При наближенні розмірів частинок до молекулярних розмірів втрачається уявлення про поверхні, про поверхневу енергію, про змочуваність, і в цій області флотація переходить в адсорбцію.

Для видалення частинок фарби з макулатурної маси найбільш ефективним є спосіб селективної флотації, заснований на відмінності в змочуваності відокремлюваних компонентів. Волокно технічної целюлози (первинне волокно) гідрофільно, а частинки фарби – гідрофобні, проте на поверхні вторинного волокна можливим є як наявність гідрофобних домішок (частинок фарби), так і гідрофільних часток (наприклад, зольних елементів адсорбованих з води на гідрофобній поверхні частинок фарби), що може дещо зближувати їх по смачуваності. Гідрофільні групи рідкого мила діють в якості піноутворювачів і зменшують поверхневий натяг. Гідрофобні групи мила реагують з речовинами, що збільшують жорсткість води, перетворюючись в осажені пластівцеподібні кальцієві мила. Такі клейкі мила діють в якості збирачів.

2.4.4. Хімікати, що використовуються в процесі флотації

Збирачі. Хімікати, які збирають фарбу в більші частинки, одночасно

надаючи їх поверхні гідрофобності, називають збирачами. Збирач також повинен мати спорідненість до повітряних бульбашок. Перед додаванням збирачів розмір окремих частинок фарби є надзвичайно малим, а поверхневі властивості занадто гідрофільними з точки зору флотації. Збирачі додаються в гідророзбивач або безпосередньо перед флотацією маси. Можна також розділити дозування: одну частину збирачів додати в гідророзбивач, а іншу – на стадії флотації.

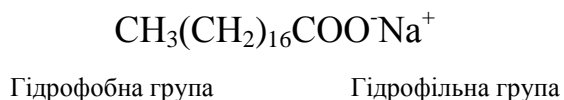
Збирач повинен бути погано розчинним у воді і здатним утворювати гідрофобні (водовідштовхувальні) поверхні. В якості збирачів використовуються продукти на основі жирних кислот, а альтернативою їм служать напівсинтетичні і синтетичні збирачі.

Збирачі на основі жирних кислот. Жирні кислоти утворюються внаслідок руйнування гідролізом молекул тригліцеридів природних олій і жирів. Результат гідролізу – гліцеринові і жирні кислоти і гліцерин. Найпоширенішими загальними жирними кислотами є ті, що отримані з природних жирів і олій: ліолева, олеїнова, пальмітинова і стеаринова.

Властивості жирної кислоти або суміші жирних кислот залежать від середньої довжини ланцюга і положення подвійних зв'язків. Практично їх можна охарактеризувати йодним числом, титром. Йодне число вказує на кількість подвійних зв'язків. Йодне число ліолевої кислоти – 181, олеїнової – 90, стеаринової і пальмітинової – 0. Титр – точка кристалізації кислоти, тобто температура, за якої жирна кислота твердне. Титр зростає зі збільшенням довжини ланцюга і ступеня насиченості. Титр ліолевої кислоти – 5 °С, олеїнової – 14 °С, пальмітинової – 63 °С, стеаринової – 70 °С.

Мило в якості збирача. Одна вода не є ефективним миючим засобом. Для надання їй більш ефективних миючих властивостей додається мило – аніонна

поверхнево-активна речовина (ПАР), яка складається з довгого вуглеводневого ланцюга, що має невелику гідрофільну групу. Нижче наведена формула натрієвого мила стеаринової кислоти:



Гідрофільна група має спорідненість до води, а гідрофобний вуглеводневий ланцюг прагне до відштовхування води.

Мило зазвичай виробляється або прямим омиленням тригліцеридів, або нейтралізацією жирної кислоти. Швидкість реакції жирних кислот з лугом є набагато швидшою, ніж відповідна реакція омилення тригліцеридів.

Для ефективної дії мила жорсткість води має бути мінімальною.

Жорсткість зазвичай виражається в міліграмах СаО на один літр води. В Європі жорсткість води виражають у німецьких одиницях жорсткості °dH. 1 °dH еквівалентний 10 мг СаО/дм³ і відповідає 17,8 ppm СаСО₃. Порогова межа жорсткості – 100 мг СаО/ дм³. У регіонах із м'якою водою процес можливий при додаванні кальцію у вигляді гідроксиду або хлориду кальцію.

Натрієве мило реагує з іонами кальцію, формуючи нерозчинне кальцієве мило, як показано на рис. 9. Кальцієве мило осідає на поверхні частинок фарби, надаючи їм більш гідрофобний характер. При цьому також відбувається укрупнення частинок фарби в більш великі плаваючі частки.

Якщо вода є жорсткою, як в Центральній Європі, ніяке додаткове введення іонів кальцію не потрібно. Зауважимо також, що макулатура може вже мати значний вміст карбонату кальцію, який збільшить жорсткість води. Тому, якщо макулатура містить карбонат кальцію, дозування кальцію зменшується чи припиняється зовсім.

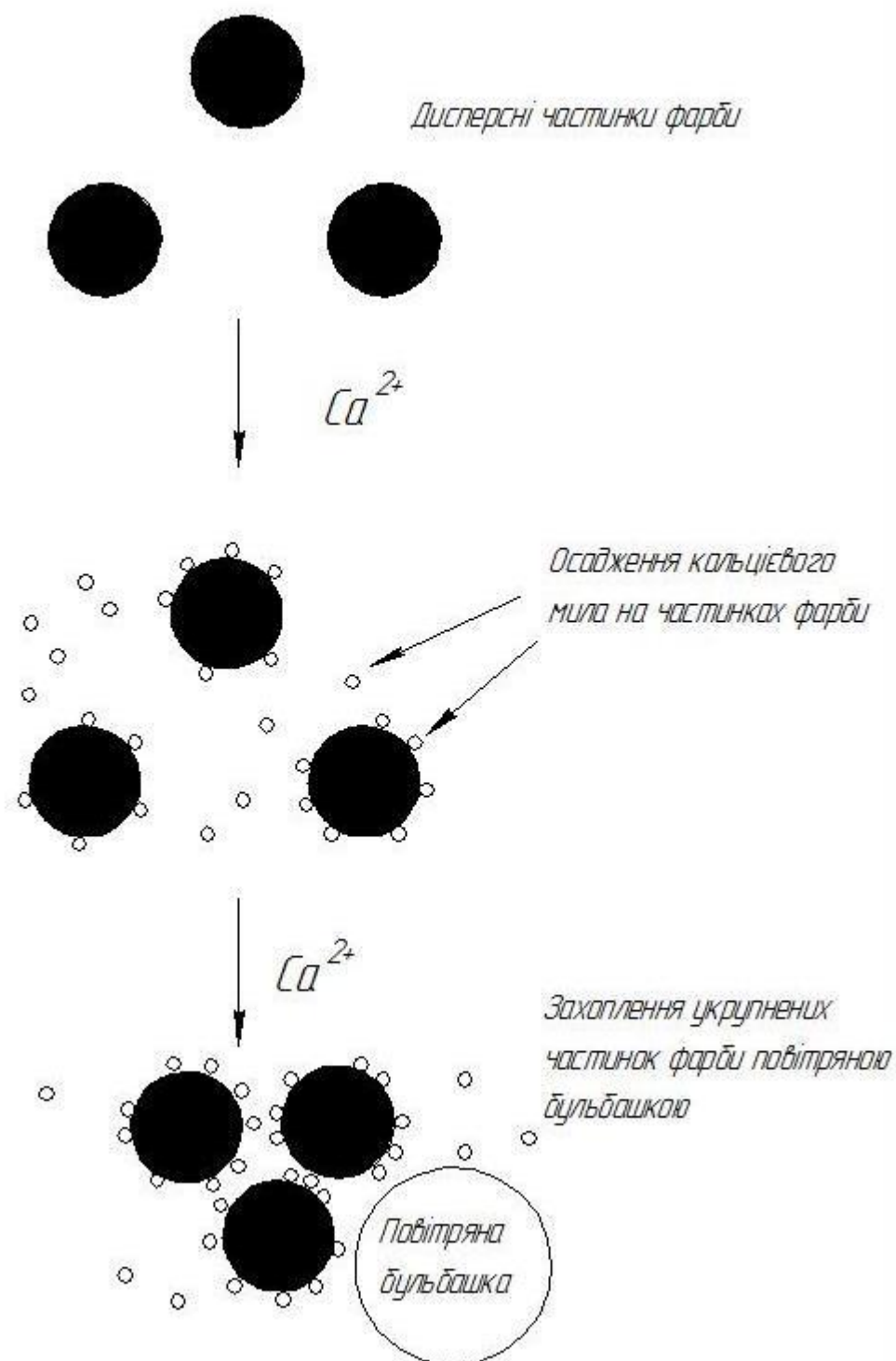


Рис. 9 – Дія іонів кальцію в якості збирачів

Мило можна вважати універсальним збирачем. Зазвичай флотація проходить без проблем, пов'язаних з видаленням фарби. Ефективність флотації в меншій мірі змінюється при коливанні складу макулатури.

Недоліки, що пов'язані з використанням мила:

- більше дозування, ніж для напівсинтетичних і синтетичних збирачів, що викликає можливість відкладень на ПРМ і порушень процесу паперового виробництва;

- потреба в іонах кальцію у разі використання м'якої води. Існує ризик неправильної оцінки необхідності додавання іонів кальцію, оскільки різні солі кальцію типу силікату, оксалату, карбонату, мила і резинату прискорюють процес відкладення осаду на обладнанні. Збільшення жорсткості води також може вплинути на результат флотації. Зазвичай втрати волокна залежать від жорсткості води в системі, тобто більш висока жорсткість обумовлює більш високі втрати;

- схильність мила до розкладання мікроорганізмами. Більша його частина видаляється з відходами (пінним продуктом), але деяка кількість залишається в масі і надходить у технологічний потік. Схильність кальцієвого мила до розкладання мікроорганізмами є дуже високою і залежить від складу жирних кислот. Очевидно, вирішальним фактором є розчинність у воді. Жирні кислоти з короткими вуглеводневими ланцюгами формують кальцієві мила, які розпадаються більш легко, ніж жирні кислоти з довшими вуглеводневими ланцюгами. Здатність до розкладання мікроорганізмами більш коротких жирних кислот тому відбувається швидше, ніж жирних кислот з довгими вуглеводневими ланцюгами.

Синтетичні збирачі. Уникнути незручностей, пов'язаних з використанням мила, дозволяють так звані синтетичні збирачі. В умовах

кімнатної температури вони являють собою рідини. Витрата синтетичних збирачів на знебарвлення макулатурної маси нижче, ніж при використанні мила. Оскільки жорсткість води не впливає на їх реакційну здатність, ніяких добавок іонів кальцію не потрібно. Ризик відкладень солей кальцію в процесі є значно нижчим. Найбільша незручність синтетичних збирачів – їх поведінка в процесі флотації. *Часто остаточна білість макулатурної маси при використанні синтетичних збирачів нижче порівняно з застосуванням жирних кислот, мила або напівсинтетичних збирачів.*

На стадії розволокнення макулатури ці хімікати мають диспергуючий ефект на частинки фарби. На стадії флотації вони можуть діяти як збирачі.

Джерелами сировини для синтетичних ПАР можуть бути будь-які природні жири і рослинна олія. Подібно милу, синтетичні ПАР складаються з гідрофобної та гідрофільної частин. В залежності від електричного заряду молекули ПАР є аніонними, неіоногенними або катіоноактивними. У системах облагороджування найбільш поширеними є неіоногенні ПАР – співполімери оксиду етилену і оксиду пропілену.

Напівсинтетичні збирачі об'єднують переваги синтетичних і традиційних збирачів на основі жирних кислот. Вони являють собою водні емульсії, що можуть змішуватися. Компоненти збирачів – жирні кислоти, їх похідні, ПАР і вода. Порівняно з жирними кислотами, напівсинтетичні збирачі мають наступні переваги:

- емульсія добре працює в м'якій воді;
- витрата в перерахунку на абсолютно суху речовину – приблизно половина дозування мила, тобто ризик відкладень на ПРМ є нижчими.

Втрати волокна в процесі флотації залежать від жорсткості води в системі. Нижча жорсткість води забезпечує нижчі втрати волокна (рис. 10).

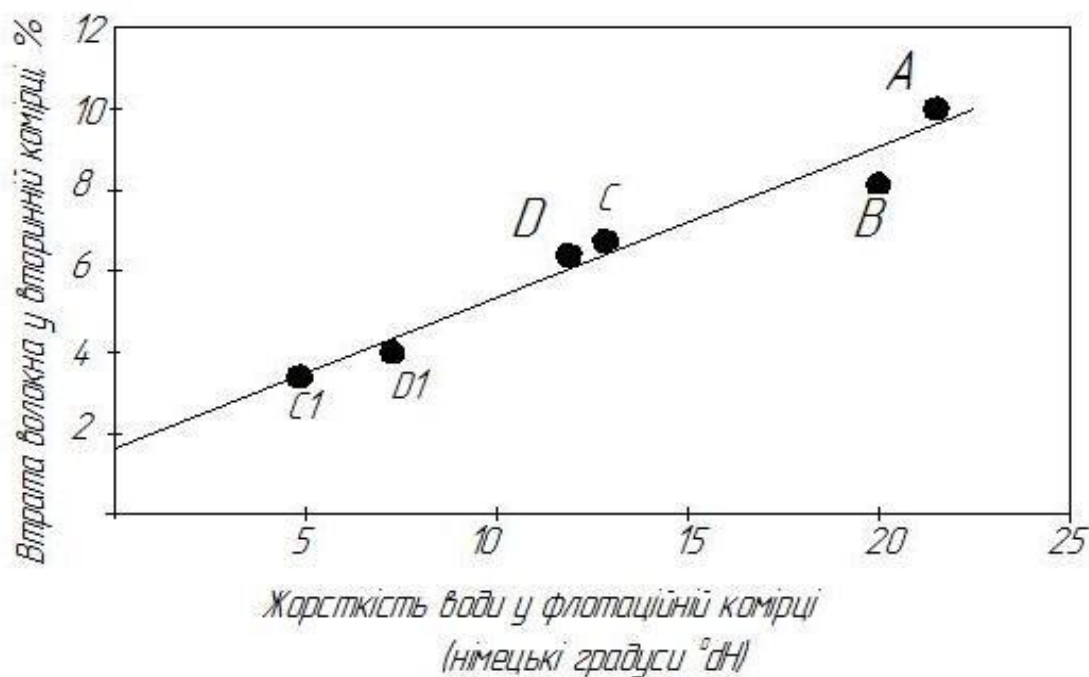


Рис. 10 – Втрати волокна при флотаційному облагороджуванні маси внаслідок зміни твердості води (з досвіду роботи промислових установок)

Коли емульсія є стійкою, працювати з нею також просто, як і у випадку синтетичних колекторів. Рекомендуються такі спеціальні заходи:

- резервуар для зберігання емульсії повинен мати перемішувальний пристрій. Перемішування не має бути інтенсивним. Повітря не має потрапляти в емульсію, оскільки емульсія легко піниться;
- зберігання та система дозування не повинні допускати потрапляння повітря в емульсію, тому труби для заповнення резервуара повинні бути нижче поверхні рідини;
- дозуючі насоси не можуть використовуватися для подачі емульсії, оскільки можуть зруйнувати її внаслідок розвитку високих зсувних зусиль.

При дотриманні режиму приготування і подачі емульсії в процесі флотації маси досягається білість волокна, що співмірна з використанням збирачів на основі жирних кислот. Емульсії більш чутливі до змін, що є неминучими у процесі флотації, порівняно з милами. Кількість пігментів і жорсткість води особливо впливають на піноутворюючі властивості. Якщо сировина містить у композиції багато наповнювачів і пігментів покриття, може існувати ризик, що емульсія дасть надмірно рясну піну. Це неминуче призведе до проблем, що пов'язані з унесенням волокна і контролем рівня піни у флотаційній комірці.

Нормальною точкою дозування для напівсинтетичного збирача є гідророзбивач, оскільки хімікат вимагає деякого часу знаходження в суспензії для успішної роботи в процесі флотації.

Комбінація мила і емульсії. Комбінована система може забезпечити ряд переваг у процесі видалення фарби:

- порівняно з милом: знизити відкладення жирної кислоти на ПРМ; можливість роботи за низької жорсткості води; більш високий вихід волокна в процесі флотації;

- порівняно з емульсією:

- більш ефективний контроль рівня піни у флотаційних комірках;

- більш висока білість волокна;

- відсутність проблем з регулюванням кількості відходів.

Особливо помітні переваги при роботі з масою, що містить багато золи (наповнювача). В цих умовах однією емульсією забезпечується надмірне спінювання. У комбінованій системі дозування здійснюється в гідророзбивач. Мило може дозуватися або в гідророзбивач, або у флотаційну комірку. Альтернатива комбінованій системі, що складається з емульсії і мила, –

комбінація синтетичного збирача і збирача на основі мила. У Європі, і особливо в Скандинавських країнах, комбінована система емульсії і мила є найпоширенішою. Співвідношення мила і емульсії вибирається в залежності від розв'язуваних завдань. Якщо пріоритетом є висока білість, бажано використовувати більше мила; якщо мінімальні відкладення на ПРМ – збільшення вмісту емульсії.

2.4.5. Боротьба з відкладеннями жирних кислот і деревної смоли (смоляних кислот) на ПРМ. Вплив рН

Відкладення жирних кислот на вузлах і одязі ПРМ – найпоширеніша проблема. Тому контроль кальцієвого мила в системі облагороджування і паперового виробництва входить у систему управління виробничим процесом.

На підприємстві, що використовує макулатуру, крім хімікатів для знебарвлення маси, в системі присутні й інші хімікати. При переробці облагородженої макулатури з механічної маси більшість екстрактивних речовин потрапляє з деревної сировини. Макулатура, що містить деревну масу також містить залишкові смоляні кислоти. Інші потенційні джерела жирних кислот та їх похідних в макулатурі – залишкові хімікати і друкарські фарби.

Процес облагороджування зазвичай проводиться за високого значення рН. На стадії розволокнення рН підтримується на рівні 9 – 10, а потім знижується до 8–9 при проведенні флотації. Якщо облагороджування організовано з двома контурами, то в другому контурі процес здійснюється при більш низькому рН (зазвичай 7,5). Якщо ПРМ працює у кислому діапазоні рН, існує потреба в підкисленні облагородженої макулатурної маси. Це зазвичай досягається додаванням сірчаної кислоти. Якщо облагороджена макулатурна маса містить карбонат кальцію, що надходить у вигляді наповнювача і пігменту

покриття, кислота розчиняє карбонат, що веде до збільшення жорсткості води і виникнення проблем, пов'язаних з відкладеннями.

При використанні високоякісної макулатури типу офісної (без деревної маси) збільшення рН до нейтрального дозволяє досягти ряд переваг:

- менше розкладання розчинних компонентів в макулатурі збільшує вихід і скорочує ХСК та БСК стічних вод;
- менше пожовтіння механічних волокон;
- економія витрат на хімікати.

При використанні традиційної макулатури (що містить деревну масу) недостатня кількість їдкого натру і пероксиду водню призводить до істотного зниження білості облагородженої маси.

Інші недоліки, що пов'язані з облагороджуванням в нейтральному середовищі:

- більше аніонних забруднень в облагородженій масі, які можуть негативно впливати на паперове виробництво;
- ризик забивання отворів сит сортувалок, що пов'язаний з недостатнім розволокненням вологостійкої макулатури.

2.4.6. Ферментне оброблення макулатурної маси

При використанні ферментів у системі видалення фарби (deinking) можна виділити два різних підходи до їх дії: вплив ферментів на волокна і реакція ферментів з друкарськими фарбами.

Перша група ферментів складається з так званих cellulases і hemicellulases. Запропоновані різні механізми впливу:

- очищувальний ефект на мікрофібрили (microfibrils) целюлози;
- гідроліз доступних целюлозних ланцюгів;

- видалення целюлозних мікрофібрил або дріб'язку;
- розщеплення геміцелюлоз і виділення лігніну у вигляді лігновуглеводного комплексу.

Істотний недолік розглянутої групи ферментів полягає в тому, що їх дія ґрунтується на деградації компонентів волокна. Для мінімізації втрат маси волокон необхідний жорсткий контроль за дозуванням ферментів і оптимізація тривалості реакції.

Інший підхід у ферментативному видаленні фарби полягає у впливі на неї. Ліпази та естерази можуть зруйнувати зв'язувальні компоненти друкарських фарб на основі рослинних олій.

Зазвичай ферменти додаються до початку процесу, замінюючи частину або всі традиційні хімікати. Заміна лише невеликої кількості хімікатів ферментами може забезпечити деякі переваги.

Інформації про параметри процесу ензимного (за допомогою ферментів) облагороджування макулатурної маси досить багато. Негативним фактором може бути тенденція ферментів зменшувати частинки фарби до значно менших розмірів, ніж при інших освоєних методах. Частинки фарби можуть бути дуже маленькими для видалення їх флотаційним методом. Якщо руйнування фарби надмірне, то її частинки можуть бути настільки маленькими, що навіть проникають у волокна.

Аналіз впливу ферментів показує, що вони ефективні, коли низькозалишкова область фарби є допустимою. Білість облагородженої маси знаходиться на більш низькому рівні або в деяких випадках на однаковому зі звичайними методами видалення фарби. Великих досягнень у використанні ферментів в промислових масштабах не з'явилося. Вирішальними факторами в майбутньому будуть вартість і технологічність.

3. ЛИПКІ ЗАБРУДНЕННЯ В МАКУЛАТУРНІЙ МАСІ

Вміст липких забруднень у макулатурній масі є важливим показником її якості. Присутність липких забруднень в значній мірі знижує оптичні властивості і чистоту макулатурної маси, а також, через здатність до осідання на частинах устаткування, впливає на стабільність роботи ПРМ. Можна вважати, що процеси видалення з макулатурної маси липких речовин примикають до процесів її додаткового облагороджування.

3.1. Характеристика липких забруднень в макулатурній масі та основних процесів їх видалення

Липкі речовини – це гідрофобні пластичні речовини різного ступеня клейкості. До їх складу входять компоненти в'язучих фарб, частинки вологомісних смол, воску, парафіну, клейові частинки, латекси та інші адгезивні речовини. Ці частки становлять певну проблему при сортуванні, оскільки не мають стабільної форми, тобто можуть легко деформуватися при наявності підвищеного тиску, і схильні до подрібнення за інтенсивних зсувних зусиль. Діапазон розмірів липких часток становить від 0,1 мкм до 1,0 см.

Основними характеристиками клейких забруднень є їх розмір, тип і особливості поведінки. Клейкі забруднення, затримовані ситом сортувалки при ширині щілин 0,1–0,15 мм, називають макрочастинками, а ті, що пройшли через сито – мікрочастинками.

Клейкі забруднення можуть бути первинними і вторинними. *Первинні* клейкі забруднення присутні в масі з самого початку переробки макулатури і можуть складатися з макро - і мікрочастинок. *Вторинні* клейкі забруднення

(макрочастинки) утворюються в процесі підготовки маси або під час виробництва паперу на ПРМ за рахунок агломерації мікрочастинок. Цьому сприяють збільшення рН і температури макулатурної маси, підвищені зусилля зсуву при обробці маси і замикання контурів водокористування.

Застосування в якості макулатурної сировини використаних книг, журналів, офісного паперу і т.п. продукції без належної підготовки знижує оптичні властивості і чистоту одержуваної продукції, але, насамперед, погіршує стабільність роботи ПРМ. Справа в тому, що наявність в масі клейких частинок призводить до налипання їх на вали і циліндри машини, забивання сіток і сукон, що в підсумку служить причиною обривів полотна і вимушених зупинень ПРМ.

Додатковим джерелом дрібних липких частинок є оборотні води виробництва. Ці частинки потрапляють у фільтрат при згущенні або промиванні макулатурної маси. Повторне використання такої води, наприклад, для розбавлення маси, призводить до повернення часток клейких включень в основний технологічний потік. Ці частинки здатні утворювати агломерати в акумулюючих басейнах води. При замкнутому водообігу відбувається поступове накопичення у воді клейких частинок до критичних концентрацій, коли вони несподівано осідають на «одязі» і валах ПРМ.

Для можливості виведення клейких мікрочастинок з паперовим полотном необхідно підтримувати їх в диспергованому стані (наприклад, за допомогою ТДО) і дати їм можливість зв'язуватися з волокнами макулатурної маси.

Для визначення вмісту клейких забруднень виготовляють відливки і підраховують у них кількість частинок забруднень і займану ними площу. Однак така оцінка носить суб'єктивний характер і вимагає великих витрат часу. Більш перспективним є використання методу фірми Mondo Minerals.

Дослідження показують, що після стадії грубого очищення вміст клейких речовин в макулатурній масі може становити понад 20000 мм²/кг. Оброблення макулатурної маси в сортувалках з шириною щілин сит 0,15 мм дозволяє помітно зменшити вміст липких речовин. Так, площа поверхні липких речовин в коротковолокнистій фракції волокон при фракціонуванні макулатурної маси знижується до 700–800 мм²/кг. Багатоступеневе сортування довговолокнистої фракції на сортувалках з шириною щілин сит 0,25 мм зменшує площу поверхні клейких речовин до 1800 мм²/кг, тоді як суспензія з ДВФ, що надходить на сортування, може містити липкі речовини в кількості більш ніж 11000 мм²/кг.

Використовують наступні способи зменшення вмісту клейких забруднень при підготовці макулатурної маси і виробництві продукції:

- видалення грубодисперсних клейких включень шляхом ефективного сортування макулатурної маси ;
- попередня нейтралізація властивостей клейких включень за допомогою хімічних добавок і ферментів з подальшим їх видаленням шляхом сортування;
- диспергування клейких забруднень;
- вилучення тонкодисперсних клейких включень флотацією макулатурної маси і очищенням оборотної води шляхом мікрофлотації з використанням відповідних реагентів.

Рекомендується застосовувати поєднання цих способів, оскільки жоден з них окремо не здатний радикально вирішити проблему видалення з маси всіх видів клейких речовин, що зустрічаються в макулатурі. При цьому профілактика і механічні способи (сортування) повинні передувати хімічному обробленню маси.

При подачі на ПРМ вміст клейких речовин в макулатурній масі має становити менше 1000 мм²/кг. Неодмінною умовою видалення клейких

частинок є високий ступінь їх відділення від волокна, яке має відбуватися в процесі розволокнення макулатури і диспергування макулатурної маси .

До методів, що запобігають відкладенню клейких забруднень, відноситься використання спеціальних хімічних реагентів для захисту обладнання і «одягу» ПРМ. Зазвичай для створення захисного шару на сітку ПРМ розпорошують катіонний полімер (витрата – 5–15 см³ на один метр ширини сітки). Чистка «одягу» ПРМ за допомогою розчинників – один із засобів запобігання формуванню відкладень клейких забруднень.

Великі частинки клейких речовин зазвичай видаляються при очищенні і сортуванні макулатурної маси . Значне зменшення площі клейких речовин від 2000 до 1000 мм²/кг відбувається, в основному, при сортуванні на ситах з щільними отворами при середній і низькій концентрації макулатурної маси . Термодисперсійне оброблення макулатурної маси забезпечує відокремлення частинок друкарської фарби і клейких забруднень від волокна та їх подрібнення. Розмелювання макулатурної маси може сприяти утворенню агломератів клейких забруднень.

3.2. Видалення липких включень з макулатурної маси методами флотації і мікрофлотації

Частинки клейких забруднень характеризуються певним ступенем гідрофобності. Після завершення ферментативного та (або) лужного оброблення макулатурної маси і її попереднього сортування макулатурну масу можна очищати від клейких включень методом *первинної флотації*. Додаткову флотацію (постфлотацію) здійснюють вже після диспергування маси (ТДО). На цій стадії видаляються мікрочастинки клейких забруднень. Видалення

мікрочастинок клейких забруднень, що залишилися, можливо при подальшому промиванні макулатурної маси.

Флотація дозволяє оперативно видалити макро- і мікрочастинки клею після хімічного та ферментативного оброблення, перешкоджаючи можливості масового повторного сорбування їх волокном. Одночасно з клейкими частинками при флотації видаляються частинки пігментів.

Ефективність видалення частинок клейких забруднень шляхом флотації становить 50–60 %, а при використанні сучасної флотаційної установки з вторинною коміркою усувається 30 % макрочасток. При цьому ступінь видалення клейких забруднень може досягати 80–90 %.

Одним із способів радикального видалення дрібних частинок клейких включень з оборотної води, що знаходять все більше поширення завдяки високому ступеню очищення води при відносно невеликих витратах і габаритах установок, є *мікрофлотація* (напірна флотація) із застосуванням розчиненого повітря (технологія DAF). Використання при мікрофлотації флокулянтів сприяє видаленню з оборотної води як твердих клейких частинок, так і розчинених або колоїдних клейких забруднень. Як показує практика, шлам, що видаляється від установки мікрофлотації, містить клейкі забруднення.

3.3. Загальні рекомендації з видалення липких частинок з макулатурної маси

За наявності в системі підготовки процесу фракціонування маси може бути запропонована наступна схема видалення дрібних клейких включень: ферментативне оброблення — сортування ДВФ на ситах з круглими отворами — сортування КВФ на ситах з щілинними отворами — спільне або роздільне

флотаційне оброблення фракцій маси.

У разі наявності в системі підготовки фракціонування і ТДО маси логічно піддавати ТДО лише ДВФ. В цьому випадку може бути використана наступна схема: ферментативне оброблення всієї маси і попереднє сортування її на ситах з круглими отворами — фракціонування маси — сортування КВФ на щілинних ситах і флотаційне оброблення ДВФ перед ТДО — роздільна або спільна постфлотація КВФ і ДВФ маси (рис. 11).

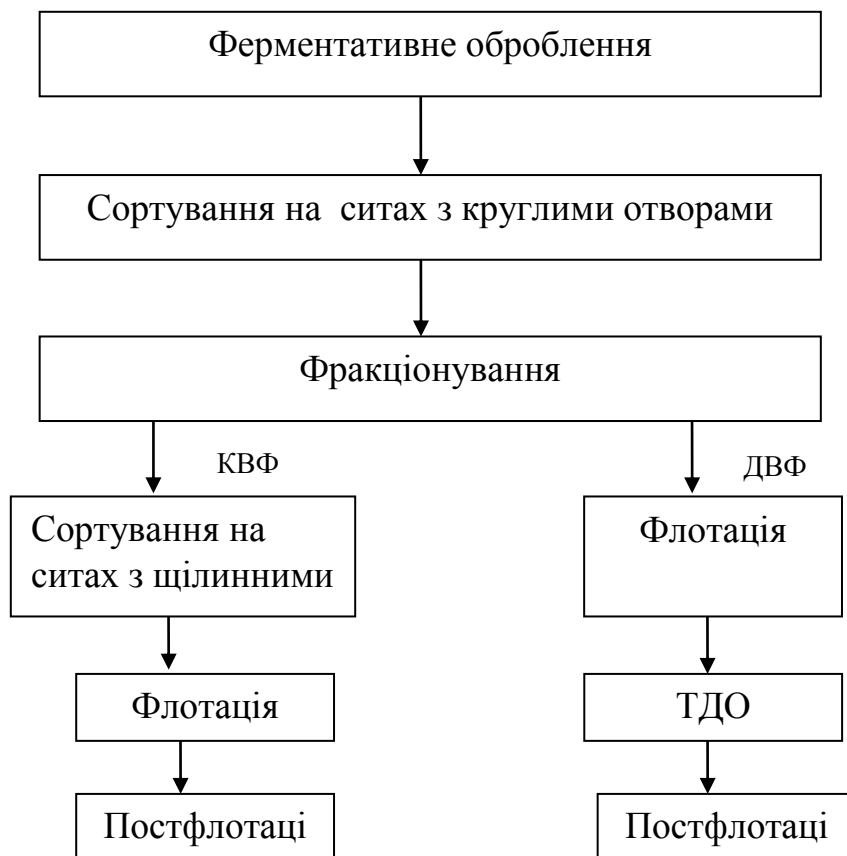


Рис. 11 – Етапи оброблення макулатурної маси з фракціонуванням і ТДО

За допомогою попереднього ретельного сортування сировини можна значно скоротити вміст потенційно клейких забруднень в системі перероблення макулатури.

4. ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

4.1. Чинники, що пов'язані з якістю макулатури

Задрукована макулатура – нестабільний вид сировини не лише за своїм композиційним складом, але і за способом нанесення друку, за кількістю і складом фарби, за умовами висихання і закріплення фарби. Все це впливає як на відокремлення фарби з поверхні волокна, так і на видалення її з макулатурної маси. На рис. 12 показано ефективність видалення друкарської фарби з макулатурної маси залежно від марки макулатури та способу друку.

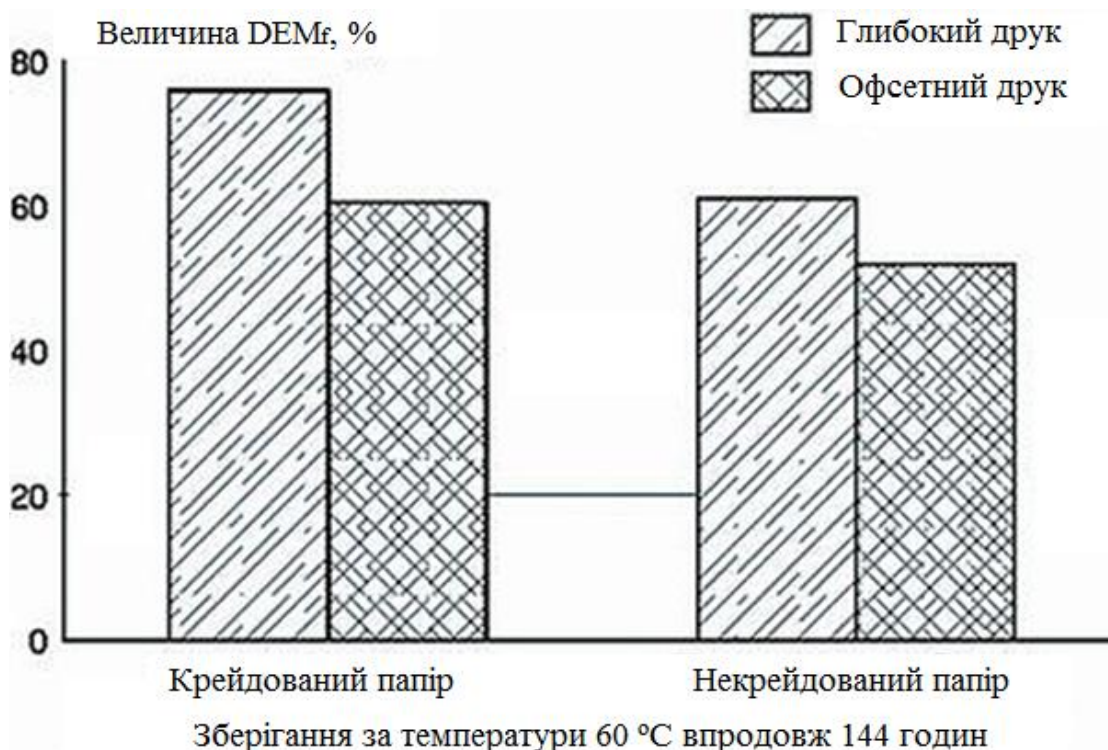


Рис. 12 – Ефективність видалення друкарської фарби з макулатурної маси залежно від марки макулатури та способу друку

Залежно від виду друкарської фарби і способу друку утримання її у папері, який використовується для друку, становить від 0,5 до 1 % для книжкової, від 0,5 до 5 % для газетної і від 1 до 7 % для журнальної макулатури. Більшість друкарських фарб складається з сажі (15-30 %) і зв'язувальних речовин (85-70 %) типу натуральних олій і синтетичних смол. При кольорового друку застосовуються такі органічні пігменти, як наприклад, анілінові барвники на оліфі. Найбільш істотний вплив на процес облагороджування має не кількість фарби, а її складу. Тому різні склади фарб, застосовуваних для друку, помітним чином впливають на стабільність процесу облагороджування і отримання продукту однорідної якості.

4.1.1. Види і склад фарби, що міститься в макулатурі

Друкарські фарби являють собою стійкі колоїдні системи, що складаються з двох основних частин: пігменту у вигляді порошків неорганічної та органічної природи і сполучного. В якості сполучного в друкарських фарбах в 1990-ті роки застосовувалися композиційні рецептури у вигляді сумішей смол, синтетичних полімерів, масел і органічних розчинників.

Пігменти надають фарбі потрібний колір, а сполучне в поєднанні з пігментом надає їй потрібні структурно-механічні властивості і міцно закріплює пігмент на поверхні паперу.

Поява нових сполучних призводить до появи нових фарб (наприклад, друкарські фарби, що фото полімеризуються, містять в якості сполучного рідкий фотополімер, що твердне під дією ультрафіолетового опромінювання).

Для правильного вибору методу видалення друкарських фарб, присутніх в макулатурі, важливо визначити їх вид. Так, наприклад, макулатура з газетного паперу (марок МС-8В-2 і МС-8В-3) містить фарби, оброблення яких є досить

простим. Основним їхнім компонентом є сажа, суспендована в маслі. В процесі друку масло вбирається в папір, залишаючи сажу у вигляді настилу шрифту. Відділення такої фарби досягається використанням лугів і ПАР у процесі розпуску, які вивільняють частинки сажі і видаляють масло. Фарби, які застосовуються для лазерного і струменевого друку, стандартними ПАР видалити досить складно. Певний успіх досягається застосуванням колоїдного кремнезему або стабілізованого поліетилену з ПАР в композиціях з відбілювачами типу хлору або пероксиду водню.

Сьогодні відбувається постійний процес створення нових фарб, серед яких можна назвати:

- водосумісні фарби для нанесення способами високого та глибокого друку;
- вологозакріплювальні фарби для друкування на крафт-папері та картоні способами високого та офсетного друку;
- фарби для високошвидкісного ротаційного друку з використанням термопластичних смол;
- фарби для глибокого і флексографічного друку на спиртовій основі;
- фарби для плоского офсетного друку, які не потребують застосування сушильних пристроїв та ін.

Головними факторами ефективності процесу знебарвлення є склад друкарської фарби та спосіб нанесення друку. Більшість друкарських фарб складається з пігменту або тонера (15–30 %), зв'язувальних речовин (80–65 %) і різних добавок. Залежно від виду друкарської фарби та способу нанесення, утримання її на папері від книг становить 0,5–1,0 %; в папері від газет – 0,5–5,0 %; в папері від ілюстрованих журналів – 1–7 %, а товщина нанесеного шару фарби 1,5–3,0 мкм.

Пігменти (тонери) – це погано розчинні неорганічні або органічні речовини. Тонуючі пігменти, або барвники використовують для надання фарбі певного відтінку. Водночас пігменти визначають такі характеристики друкованої продукції, як світлостійкість, вологостійкість та стійкість до впливу лугів, кислот і розчинників.

Зв'язувальні речовини (носії і зв'язувальні реагенти) формують плівку друкарської фарби, міцно закріплюючи пігменти на поверхні паперу в процесі сушіння. В якості зв'язувальних речовин використовується цілий ряд хімічних реагентів, як правило, полімерного характеру. До них слід віднести сполуки таких видів: крохмаль та його похідні, карбоксиметилцелюлоза (КМЦ) та інші ефіри целюлози, поліакриламід різних видів, полівініловий спирт, полівінілацетати, поліакрилати, поліміни, поліамідні смоли з епіхлоргідрином, полівініламіни, поліелектролітні комплекси. Основою зв'язувальних реагентів є рослинні масла, каніфоль, асфальт, бітуми та інші синтетичні речовини. Для друкарських фарб на основі води використовують акрилові дисперсії, акрилові або малеїнові смоли. Використання модифікованих в'язучих смол, що розчиняються у лужному середовищі, сприяє відділенню тонера в процесі розпуску макулатури.

Носії (розчинники) розчиняють тверді зв'язувальні реагенти і підтримують друкарську фарбу в рідкому стані. Після нанесення друкарської фарби носії випаровуються або абсорбуються на поверхні паперу з утворенням плівки. В якості носіїв застосовують спирти, ефіри, гліколи та їх похідні, ацетон, вуглеводні і воду.

Склад зв'язувального реагенту та носія визначає спосіб сушіння друкарської фарби та, в подальшому, здійснює вирішальний вплив на вибір технології облагороджування макулатурної маси. Способи сушіння друкарської

фарби поділяють на фізичні – абсорбція на поверхні полотна або випаровування розчинника і хімічні – окислення або сушіння під дією випромінювання енергії. При хімічних способах сушіння сполучний реагент піддається окисленню або полімеризації. Сушіння фарби під дією випромінювання енергії – ультрафіолетове випромінювання або пучок електронів – відбувається протягом часток секунди.

У зв'язку з широким розповсюдженням розмножувальної техніки використовуються нові технології для передачі та фіксації зображень на основі електричної і світлової енергії. Прояв зображень у фотоелектричних процесах виробляється за допомогою електрично заряджених фарбувальних речовин у вигляді порошків або рідин.

Розмір частинок друкарської фарби (див. рис. 1) є істотним чинником для вибору технології облагороджування макулатурної маси. Так, наприклад, після розволокнення макулатури частинки флексографічної фарби мають менші розміри, ніж частинки фарби для високого, офсетного та глибокого друку. Крім того, на розміри частинок фарби з помітною мірою впливає величина рН на різних стадіях технологічного процесу переробки макулатури. Наприклад, ступінь подрібнення друкарської фарби під час розволокнення газетної макулатури (марок МС-8В-2 і МС-8В-3) зменшується при досягненні величини нейтрального рН. Тому замість гідроксиду або силікату натрію можливим є застосування сульфіту натрію для інтенсифікації розволокнення такої макулатури в нейтральному середовищі. Слід враховувати й те, що за інтенсивного диспергування і розмелювання макулатурної маси може відбуватися часткове зворотне осадження на волокна відокремлених раніше частинок фарби. У зв'язку з цим дещо знижується білість макулатурної маси.

Впровадження нових типів зв'язувальних, фарб та сучасних процесів

друку вимагає від переробників макулатурного сировини безперервного вдосконалення технології облагороджування. В даний час відсутній який-небудь універсальний спосіб видалення будь-яких фарб при облагороджуванні макулатурної маси. Тому використовуються технології, що базуються на різних принципах дії.

Одна з таких технологій полягає в холодному розпуск макулатури з подальшим холодним диспергуванням. При цьому температура макулатурної маси підтримується нижче рівня склування зв'язувальної речовини, що дає можливість, використовуючи його крихку природу, уникнути руйнування частинок тонера з утворенням з них агломератів. Подальша флотація в кілька ступенів дозволяє досить повно очистити масу від фарби, що важко видаляється.

Іншим напрямком, що дає можливість нейтралізувати властивості тонера, що перешкоджають звільненню від нього целюлозних волокон при облагороджуванні маси з офісної макулатури, є використання полімерів, що забезпечують смолі тонера слабокислі властивості. В результаті полегшується дезінтеграція частинок тонера, що робить більш ефективним їх видалення з маси методом промивання. В якості прикладу таких полімерів можна назвати поліїмід і поліефірімід. Для полегшення відділення тонера від волокон при переробленні офісної макулатури пропонується включати до складу тонера деякі ензими (ферменти), які сприяють цьому процесу.

Із збільшенням тривалості зберігання (старіння) друкованої продукції ефективність видалення з неї друкарської фарби, як правило, знижується. Крім тривалості зберігання, на процес старіння паперу і фарби впливають такі зовнішні чинники, як температура, вологість і ультрафіолетове випромінювання. Так, наприклад, білість макулатурної маси з офсетним друком

знижується із збільшенням тривалості зберігання макулатури. Це особливо характерно для макулатурної маси з низьким вмістом наповнювача. На противагу цьому, тривалість зберігання макулатури мало впливає на ефективність облагороджування макулатурної маси з газетного паперу з високим друком.

Наявність крейдованого покриття, в основному, негативно впливає на ефективність видалення друкарської фарби з макулатурної маси, отриманої після тривалого зберігання макулатури. Однак частинки фарби офсетного та глибокого друку досить легко відокремлюються від волокон крейдованого паперу і після тривалого зберігання.

З ініціативи Європейської асоціації виробників знебарвленої макулатурної маси за участю друкарів і виробників друкарських фарб розробляються екологічні проекти створення і використання таких технологій друку, які дозволяють успішно використовувати макулатуру для отримання облагородженого волокна.

4.1.2 Спосіб закріплення фарби на поверхні паперу

Під друкарським процесом (друкуванням) розуміють процес отримання на якій-небудь поверхні відбитків з друкарської форми, що несе графічне зображення, за допомогою того чи іншого енергетичного впливу.

В основі традиційних способів друку (високий, плоский, глибокий і трафаретний друк) лежить використання механічного тиску. Разом з тим в поліграфії все більшого значення набувають процеси, в основі яких лежить використання інших видів енергії (не механічної), за допомогою якої здійснюється перенесення зображень з форм на поверхні, що задруковуються: світлова, електрична, теплова та ін. Вони широко застосовуються при

репродукуванні оперативної інформації. У таких друкарських процесах відсутній безпосередній контакт між формою і поверхнею, що задруковується. Це і є істотною відмінністю від процесів друкування з використанням механічної енергії.

Кожному виду енергії притаманні свої технологічні процеси утворення формних зображень, їх перенесення на поверхні, що сприймають, а також фарбувальні речовини.

Процес друкування з використанням тиску з постійних друкарських форм всіх класів і видів в принципі протікає однаково. Кожному способу друку (високому, плоскому, глибокому і трафаретному) відповідають свої друкарські форми з рельєфними, плоскими, поглибленими і наскрізними друкарськими елементами, що відрізняються розташуванням друкуючих і недрукуючих (пробільних) елементів (рис. 13).

Ступінь всмоктування друкарських фарб паперами різних сортів є різною і коливається від найвищої у газетного паперу до мінімальної у крейдованих видів паперу. Для різних видів паперу для друку початкова стадія процесу закріплення фарб на відбитках полягає в їх практично моментальному вбиранні в пори паперу з подальшим утворенням міцних поверхневих плівок в результаті дії кисню повітря або спеціального додаткового оброблення.

Процес друкування полягає в послідовному нанесенні на друкарську форму за допомогою барвистого апарату машини тонкого шару фарби, яка залишається лише на друкарських елементах (за винятком трафаретного друку, де фарба покриває і пробільні елементи), і зазвичай послідовного, по смугах, контакту. Багато друкарських процесів виконуються при одному перенесенні зображення з друкарської форми на поверхню, що задруковується. Такий метод називається прямим друком. Спосіб друкування з подвійним переносом

зображення (з форми на проміжні поверхні, а з них – на матеріали, що задруковуються) носить назву офсетного (від англ. слова «offset») друку.

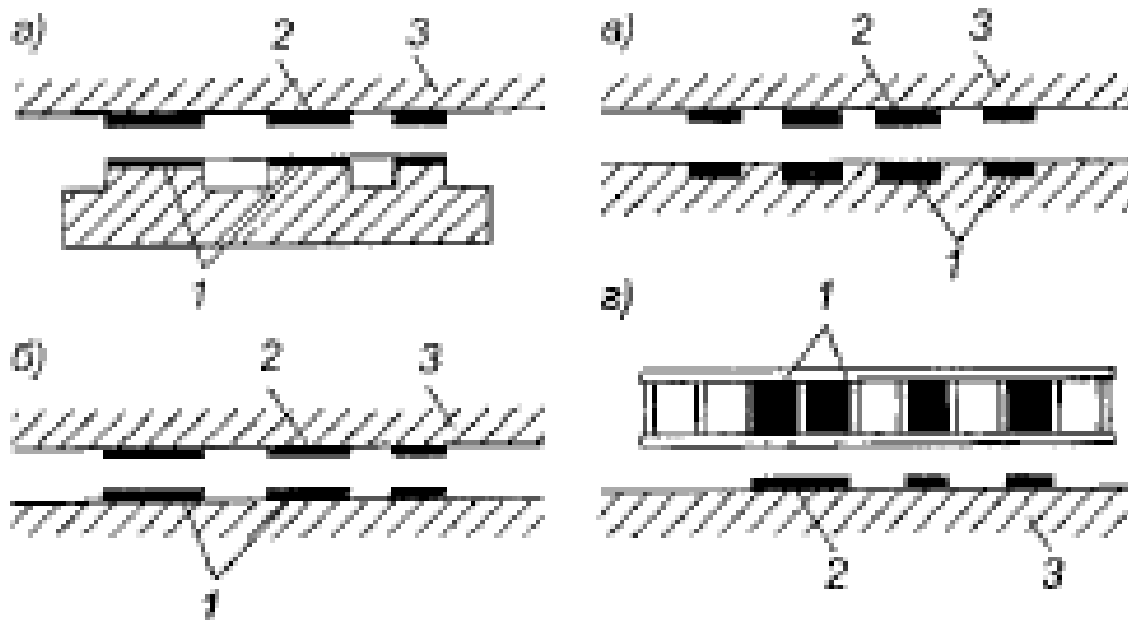


Рис. 13 – Схематичне зображення друкарських форм і способів нанесення з них фарби на матеріал, що задруковується, при використанні різних видів друку:

а – високого; б – плоского; в – глибокого; г – трафаретного; 1 – фарба на друкарській формі; 2 – фарба на поверхні, що задруковується; 3 – матеріал, що задруковується

При друку книг, журналів, газет витрата барвника до маси паперу в середньому становить від 0,5 до 2%, а товщина нанесеного шару фарби – 1,5 – 3,0 мкм.

Склад зв'язувального реагенту та носія визначає спосіб сушіння друкарської фарби та, в подальшому, здійснює вирішальний вплив на вибір технології облагороджування макулатурної маси. Способи сушіння друкарської фарби поділяють на фізичні – абсорбція на поверхні полотна або випаровування розчинника і хімічні – окислення або сушіння під дією випромінювання енергії. При хімічних способах сушіння сполучний реагент піддається окисленню або полімеризації. Сушіння фарби під дією випромінювання енергії – ультрафіолетове випромінювання або пучок електронів – відбувається протягом часток секунди.

Для прискорення процесу закріплення фарб свіжовіддрукованого фарбового покриття в них вводять речовини – сикативи, зокрема, маслорозчинні солі аліфатичних жирних кислот, що утворюються переважно так званими «важкими» металами (Pb, Co, Mg). При додаванні їх у фарбу руйнуються кисневі зв'язки в молекулярній структурі дисперсійного середовища і утворюються реакційноздатні радикали, що «зшивають» між собою сусідні молекули сполучного, прискорюючи тим самим процес плівкоутворення.

Іншим напрямком активізації процесу затвердіння друкарських фарб є термічний вплив різними термовипромінювальними пристроями (обігрів повітрям, відкритим газовим полум'ям, ІЧ і УФ-випромінювачами і т.д.). У зв'язку з широким розповсюдженням розмножувальної техніки використовуються нові технології для передачі та фіксації зображень на основі електричної і світлової енергії. Прояв зображень у фотоелектричних процесах виробляється за допомогою електрично заряджених фарбувальних речовин у вигляді порошків або рідин.

4.2. Чинники, що пов'язані з приготуванням волокнистої суспензії (перша фаза облагородження)

Перша фаза процесу облагороджування реалізується, як правило, методами хіміко-механічного впливу при підвищеній температурі у гидроразбивачах і реакційних басейнах. Одним з варіантів цього методу є оброблення задрукованої макулатури в апаратах типу «Фейберфлоу» (рис. 15). На цій фазі відбувається омилання сполучних речовин основного компонента фарби, відділення частинок фарби від волокон, диспергування частинок фарби і утворення водної суспензії з волокон і частинок фарби, що відокремилася.

Волокниста маса, що піддавалася досить ретельному облагородженню, може бути частково, а в деяких випадках і повністю, використана замість вибіленої целюлози.

У світовій практиці облагороджена макулатурна маса в найбільших обсягах використовується при виробленні газетного паперу, для виробництва санітарно-гігієнічних видів паперу, яким вона надає м'якість і підвищену вбирність, а також при розробці багатошарового коробкового картону.

У зв'язку з тим, що волокниста суспензія містить хімічними ивные речовини, використовувані при підготовці макулатури на першій фазі процесу, вона і отриманий фільтрат являють собою нрессивную середу. Тому всі деталі і вузли подальшого иоорудования, дотичні з волокнистої суспензією і фільтратом, необхідно виготовляти з корозійностійких матеріалів.

Як приклад методичного підходу для вивчення чинників, що пов'язані з приготуванням волокнистої суспензії, для оптимізації технологічних параметрів процесу розпуску газетної і журнальної макулатури в співвідношенні 50:50 при отримання облагородженої макулатурної маси

розглянемо такі дослідження.

Після стадії розпуску проводилося очищення суспензії методом флотації. Для виключення значного впливу частинок фарби показник білості зразків визначався після процесу флотації. Білість зразків масою $50 \text{ г} / \text{м}^2$ визначали з двох сторін і брали середнє значення. Для виключення впливу рН маси на показник білості значення рН регулювали подкисленням сірчаною кислотою. Всі виміряні значення білості виражалися як приріст білості. Початкова білість маси – це білість маси після гідророзбивачі. Для задрукованої макулатури вона склала 43,2 і 64,4% ISO - для незадрукованої.

Тривалість розпуску макулатури в гідророзбивачі становила 30 хв, температура – 50°C , концентрація маси – 11%. Жорсткість води в гідророзбивачі регулювали до 10° за німецькою системою визначення жорсткості води (10°dH).

Флотація здійснювалася за концентрації маси 0,8%, температури 40°C протягом 20 хв. Значення рН волокнистої суспензії перед флотацією становило 9. Як поверхнево-активну речовину в масу додавали стеарат натрію в кількості 1% від маси а. с. волокна. Ця поверхнево-активна речовина при штучному регулюванні жорсткості води додаванням хлористого кальцію в волокнисту суспензію сприяла утворенню кальцієвого мила.

В роботі [6] було показано, що оптимальна загальна лужність (ЗЛ) у ванні гідророзбивача не залежить від кількості доданого силікату натрію. На рис. 14, 15 показано, як змінюється приріст показника білості макулатурної маси при різному рівні ЗЛ без застосування пероксиду водню і з його додаванням за витрати 2% для маси із задрукованої і незадрукованої макулатури. У випадку відсутності пероксиду водню, за ЗЛ, що дорівнює 0,5% в ванні гідророзбивача приріст білості становить 3% ISO (див. рис. 14). За подальшого збільшення ЗЛ

маси її білість падає. Падіння білості не пов'язане з видаленням фарби, оскільки крива білості залежно від загальної лужності маси, що отримана для маси з незадрукованої макулатури, показує таке ж падіння білості. Отже, пожовтіння маси відбувається за рахунок забарвлених компонентів лігніну.

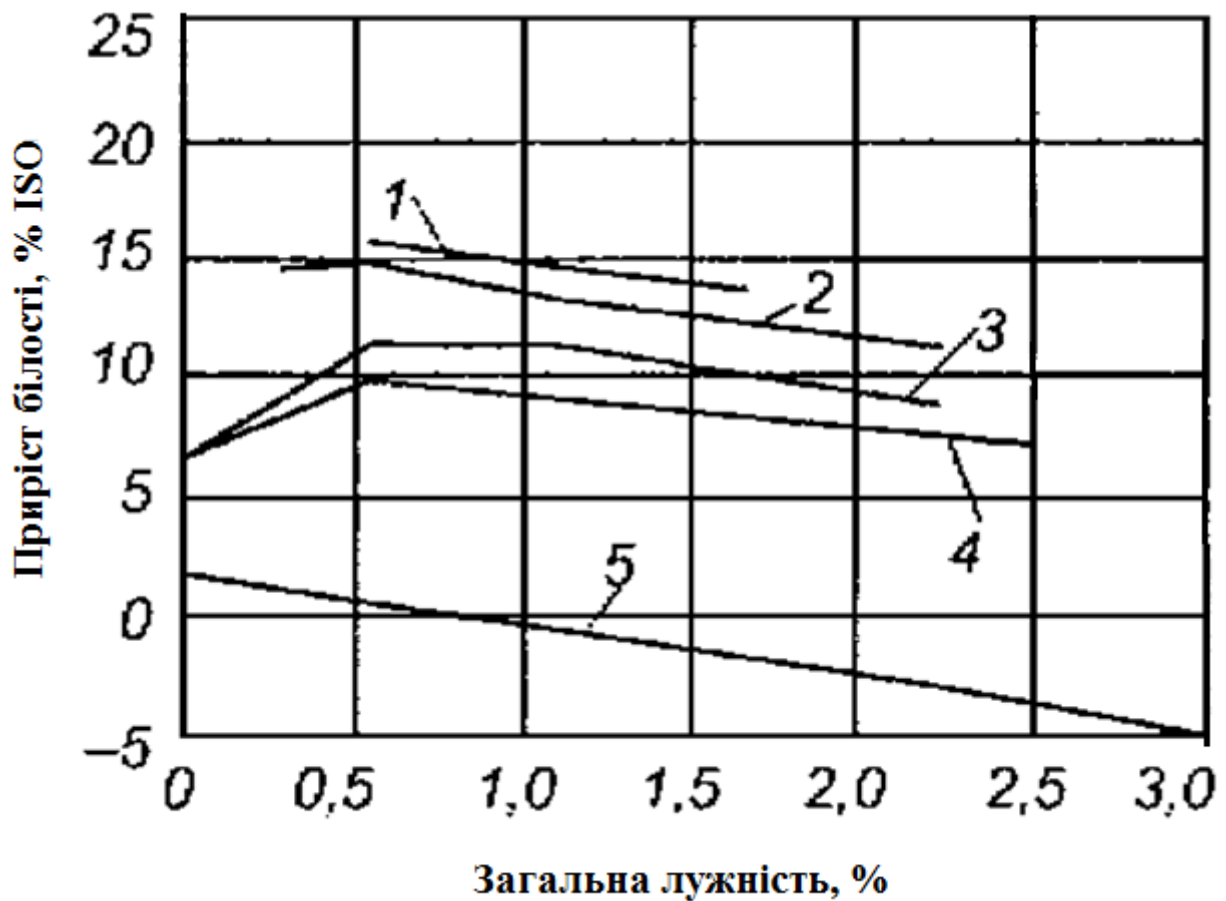


Рис. 14. Залежність приросту білості від зміни загальної лужності маси в ванні гідророзбивача без додавання пероксиду водню для макулатурної маси із задрукованої (1-4) і незадрукованої (5) макулатури:

1 — 5,0 % Na₂SiO₃; 2 — 2,5 % Na₂SiO₃; 3 — 1,0 % Na₂SiO₃; 4 — 0 % Na₂SiO₃; 5 — 0...0,5 % Na₂SiO₃

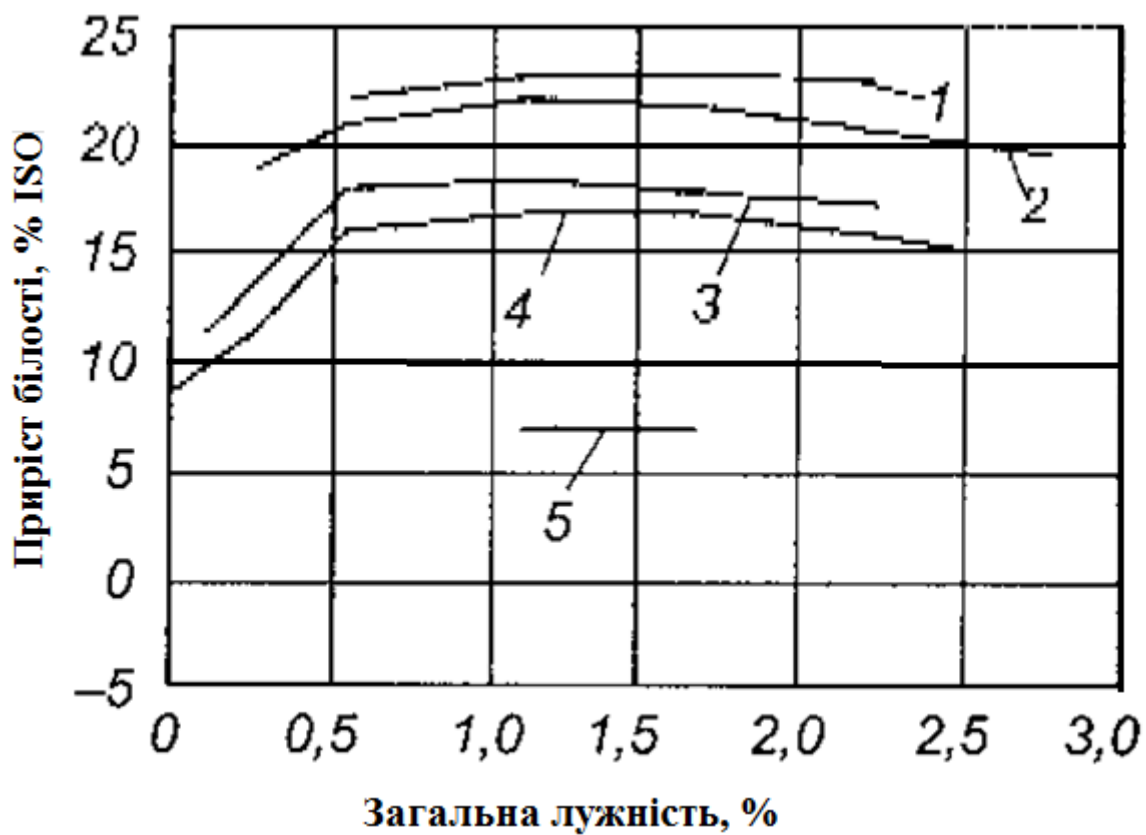


Рис. 15. Залежність приросту білості від зміни загальної лужності маси у ванні гідророзбивача з додаванням пероксиду водню для макулатурної маси із задрукованої (1-4) і незадрукованої (5) макулатури:

1 — 5,0 % Na_2SiO_3 ; 2,0 – 2,5 % Na_2SiO_3 ; 3 — 1,0 % Na_2SiO_3 ; 4 – 0 % Na_2SiO_3 ; 5 — 0 – 5,0 % Na_2SiO_3

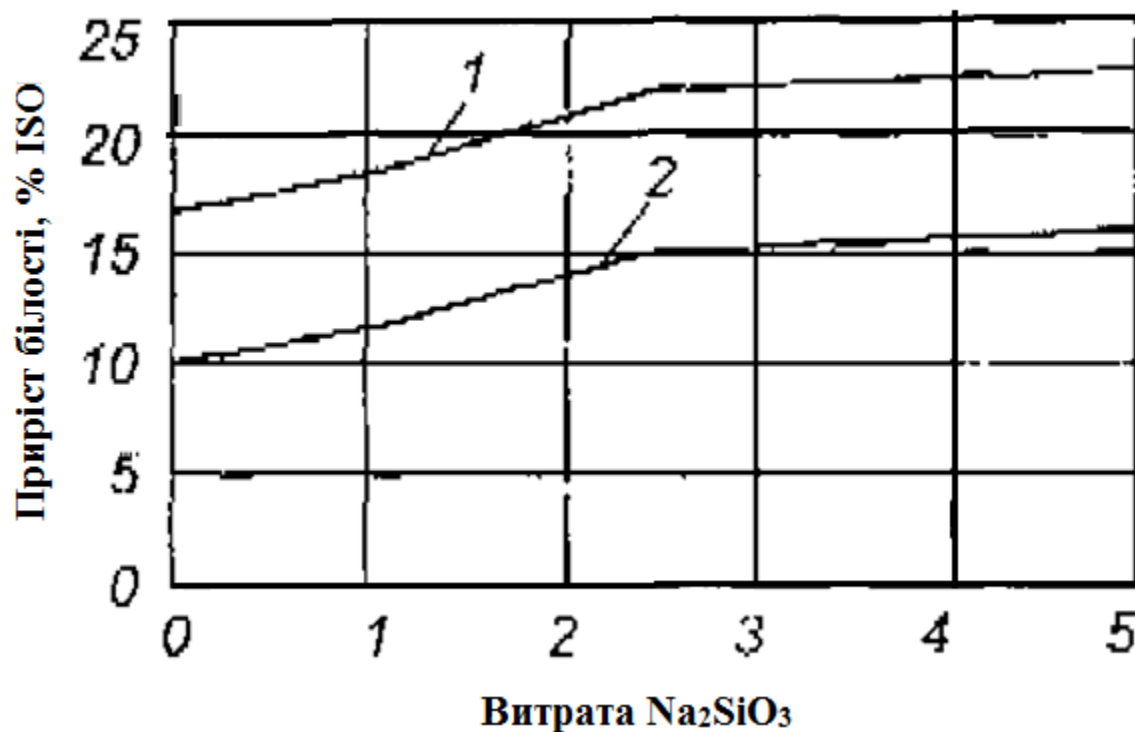


Рис. 16. Залежність приросту білості від витрати Na_2SiO_3 для двох значень загальної лужності у ванні гідророзбивача при додаванні и без додавання пероксида водорода:

1 — 1,12 % ЗЛ за 2 % H_2O_2 , 2 — 0,56 ЗЛ за 0 % H_2O_2

Проведено багато досліджень, які визначили роль силікату натрію не лише в процесі облагородження, а й в процесі відбілювання деревних мас. Використання силікату натрію при вибілюванні целюлози впливає на стабілізацію пероксиду водню.

У гідророзбивачі Na_2SiO_3 грає важливу роль як колектор (збирач) частинок фарби. Приріст білості при додаванні силікату натрію Na_2SiO_3 в ванну

гідророзбивача відбувається незалежно від додавання пероксиду водню (рис. 16). За низького рівня ЗЛ, що є оптимальним для умов гідророзбивача, в стабілізації пероксиду водню немає необхідності.

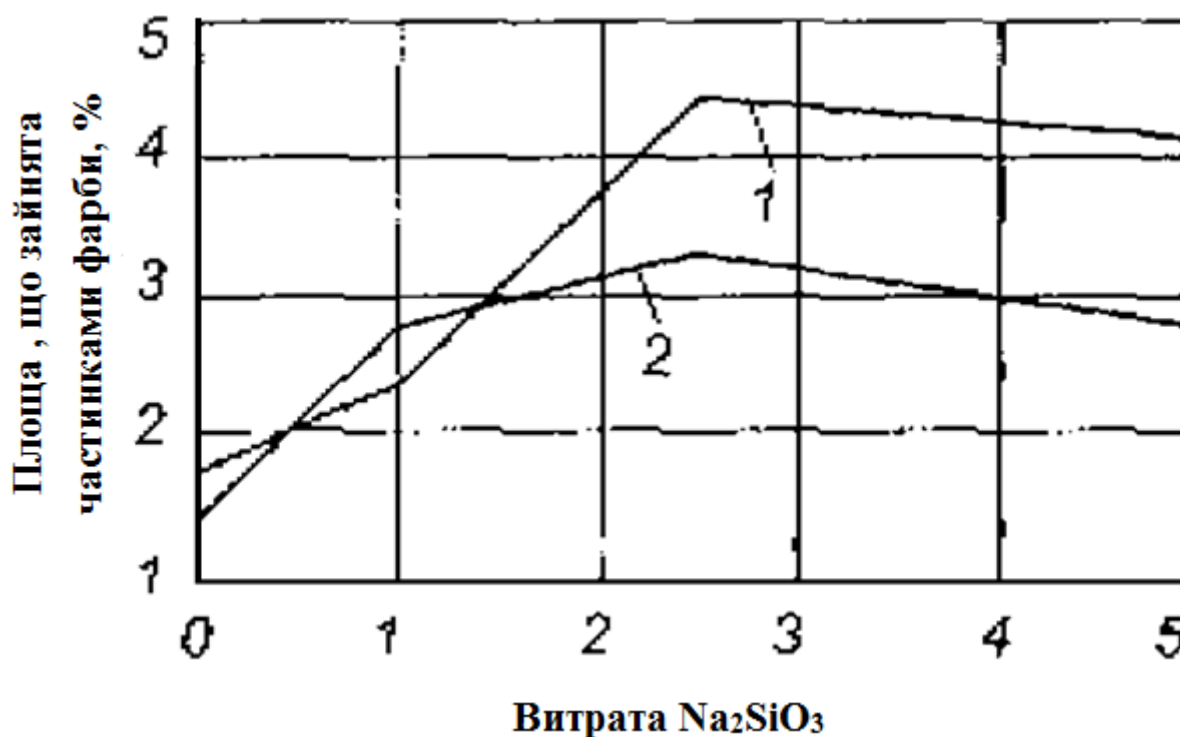


Рис. 17. Залежність площі зразка, зайнятої частинками фарби розміром понад 10 мкм, від витрати Na_2SiO_3 :

1 — 1,12 % ЗЛ при 2 % H_2O_2 , 2 — 0,56 ЗЛ при 0 % H_2O_2

4.3. Чинники, що пов'язані з проведенням процесу флотації

Ефективність процесу флотації залежить від ряду факторів:

– концентрації, температури і величини рН волокнистої суспензії;

- ступеня гідрофобності і розміру частинок, відокремлених від волокна;
- об'ємної витрати повітря, що подається;
- розміру і швидкості переміщення бульбашок;
- вигляду і властивостей флотаційного реагенту.

Типовими параметрами експлуатації флотаційних камер є: концентрація маси 0,8 – 1,5 %, температура 40 – 70 °С, величина рН 7 – 9. Відношення об'ємної витрати повітря до об'ємної витрати суспензії становить 300 %, іноді до 1000 %. Оптимальний розмір частинок забруднень для флотації знаходиться в межах 20 – 200 мкм. У деяких випадках вдається забезпечити видалення частинок розміром до 500 мкм.

Для підвищення ефективності процесу флотації використовують гідроксид натрію (каустик), що сприяє, як відомо, набуханням волокон, яке супроводжується відокремленням фарби від волокна, і інтенсифікує розпуск макулатури в гідророзбивачі.

Найчастіше хімікати вводять у масу під час розволокнення макулатури або безпосередньо перед флотацією. В регіонах з «жорсткою» водою (при вмісті понад 100 мг СаО на літр) широко поширеним є застосування натрієвого мила. Воно реагує в масі з іонами кальцію, формуючи нерозчинне кальцієве мило, яке осідає на поверхні частинок фарби, надаючи їм більш гідрофобного характеру, з одночасною агломерацією цих частинок в більш великі агрегати. В регіонах з «м'якою» водою (при вмісті менше 100 мг СаО на літр) процес флотації вимагає додавання гідроксиду або хлориду кальцію. Недоліками використання натрієвого мила є необхідність високого дозування і, в підсумку – ймовірність кальцієвих відкладень на робочих частинах ПРМ.

Уникнути цих недоліків дозволяє застосування спеціальних флотореагентів, наприклад, синтетичних і напівсинтетичних збирачів

(емульсій), отриманих на основі жирних кислот. Їх реакційна здатність не залежить від жорсткості води. Для забезпечення диспергування друкарської фарби багато рецептур для облагороджування макулатурної маси в якості емульгатора містять 0,05 – 0,2 % миючо-активних ПАР. Використовують також комбінації збирачів (флотореагентів) в різній композиції. Співвідношення компонентів вибирають залежно від завдань, що вирішуються. Якщо пріоритетом є висока білість, бажано використовувати більше мила, якщо – мінімальні відкладення на ПРМ, то збільшують частку емульсії.

Велике значення мають розміри бульбашок повітря і швидкість їх переміщення у суспензії. Розміри бульбашок залежать від типу змішувача і прикладеної енергії змішування, а також від концентрації маси і від виду використовуваного флотореагента. Так, із збільшенням розмірів бульбашок посилюється турбулентність потоків під час їх руху у флотаційних камерах. Це призводить до перемішування маси і погіршення процесу розділення. Оптимальний діаметр бульбашок повітря під час флотації становить 1,0 – 1,5 мм, а швидкість їх підйому – близько 0,2 м/с. При збільшенні діаметра до 3 мм швидкість їх спливання доходить до 0,3 м/с і більше. Інтенсивна аерація суспензії може спричинити утворення скупчень (кластерів) бульбашок, які можуть переносити більше частинок забруднень, але при цьому викликають інтенсивну циркуляцію потоків всередині суспензії, порушення оптимального режиму флотації та стабільності піни.

Для підвищення ефективності флотації рекомендується використовувати інжекційні сопла особливої конструкції для подачі повітря у флотаційні комірочки, що забезпечують рівномірний розподіл повітря в комірці і оптимальний розмір бульбашок.

5. ПРИСТРОЇ ДЛЯ ОБРОБКИ ПІНИ ПІСЛЯ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

Як зазначалося раніше, в результаті процесу облагороджування утворюється, з одного боку, облагороджена (очищена) макулатурна маса, а з іншого - фільтрат при промиванні або піна при флотації. Фільтрат і піна містять в основному частинки друкарської фарби і, крім цього, - наповнювачі і дрібне волокно. Для скорочення витрати води і уловлювання частини волокна, а також наповнювача відходи облагороджування піддаються додатковій обробці.

Так, наприклад, при облагороджуванні волокнистої суспензії на сгустителях забруднене фільтрат спрямовується на флотаційні пастки для освітлення і відділення від нього забруднень. При облагороджуванні в два ступені фільтрат після другої ступені містить в основному волокно, направляють на установку для уловлювання міститься в ньому волокна.

В системах, що використовують флотаційний спосіб облагороджування, для оброблення піни, що утворюється в первинних флотаційних камерах, використовують вторинні камери, куди піна надходить по збірному каналу. Піна, згущена у вторинних камерах до концентрації приблизно 2 – 3 %, направляється у центрифугу, де вона згущується до концентрації 30 – 35 %, а потім віджата вода використовується для розбавлення маси в гідророзбивачі. Відходи після центрифуги у вигляді шламу видаляються з системи.

Для згущення відходів використовують різні типи центрифуг. Широко застосовуються центрифуги шнекового типу, схема однієї з яких представлена на рис. 18.

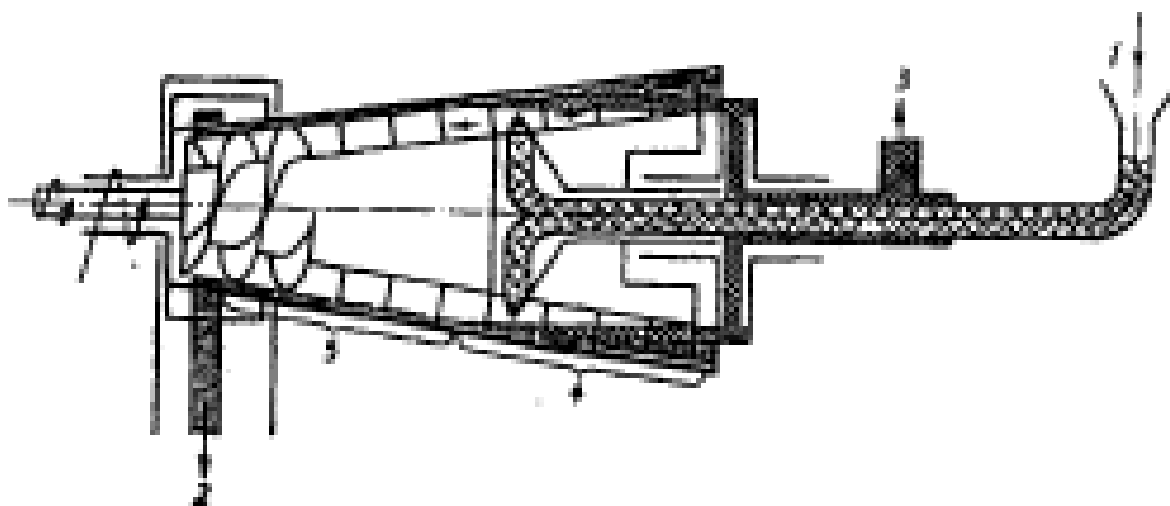


Рис. 18 – Шнекова центрифуга

1 – живильна труба; 2 – випускний отвір для шламу; 3 – патрубок відведення освітленої води; 4 – зона розділення; 5 – зона зневоднення

Піна, що згущується, подається через живильну трубу 1, розташовану по осі циліндро-конічного корпусу, в барабан центрифуги, де шнековим пристроєм плавно розганяється в обертання і розподіляється всередині барабанного простору. В результаті дії відцентрових сил на внутрішній стороні поверхні барабана, що обертається з високою частотою, відбувається розділення (зона розділення 4) освітленої води і специфічних важких забруднень (дрібне волокно, частинки фарби і наповнювача). Шнек, що обертається повільніше за барабан, переміщує і ущільнює шлам в бік меншого діаметра барабана (зона зневоднення 5) і виходить через вихідний отвір 2. Освітлена вода йде в кільцеву камеру і під дією тиску видаляється через патрубок 3. Основні характеристики роботи шнекової центрифуги наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Характеристики шнекової центрифуги

Найменування параметрів	Значення параметрів
Продуктивність, $\text{дм}^3/\text{хв}$	60 – 450
Потужність приводу, кВт	30 – 40
Частота обертання барабану, хв^{-1}	2700 – 2800
Концентрація на вході, %	макс. 8
Концентрація шламу на виході, %	15 – 40

Використання пристроїв, призначених для оброблення піни після облагородження макулатурної маси, дає можливість значно скоротити втрати волокнистого матеріалу і очистити оборотні і стічні води виробництва від забруднень, що містяться в них, у вигляді частинок фарби і нерозчинних хімікатів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ванчаков М. В., Кулешов А. В., Александров А. В., Гаузе А.А. Технология и оборудование для переработки макулатуры: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2019. Ч. III. 139 с.
2. Ванчаков М.В., Кишко А.В. Теория и конструкция оборудования для підготовки макулатурной массы: Учебное пособие /СПбГТУРП. СПб., 2003.104 с.
3. Voith Paper. EcoCell™ ECC with LowEnergyFlotation™. URL: http://www.voith.com/ca-en/EcoCell-vp_fes_1112_en_01-Copy.pdf (дата звернення: 02.02.2020).
4. Recycling and Deinking of Recovered Paper. URL: https://books.google.com.ua/books?id=DZ3TAAAAQBAJ&pg=PA70&lpg=PA70&dq=EcoCell+Voith&source=bl&ots=IcEz5L_Oip&sig=ACfU3U1EjSjPRj-4qlEzu1A1RaxFAxPXjA&hl=uk&sa=X&ved=2ahUKEwj3vbL_qjnAhXJIsKHS_7Be8Q6AEwAnoECAkQAQ#v=onepage&q=EcoCell%20Voith&f=true (дата звернення: 02.02.2020).
5. Recycling and Deinking of Recovered Paper. URL: https://books.google.com.ua/books?id=DZ3TAAAAQBAJ&pg=PA71&lpg=PA71&dq=Select%D0%B0FlotTM&source=bl&ots=IcEz7SVShn&sig=ACfU3U1Fv51xUSreVTnpgdlQxl4a33OpXQ&hl=uk&sa=X&ved=2ahUKEwjvu_Se27DnAhVx_SoKHRfmAMEQ6AEwAHoECAoQAQ#v=onepage&q=Select%D0%B0FlotTM&f=false (дата звернення: 02.02.2020).
6. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 3. Производство полуфабрикатов. Санкт-Петербург: Политехника, 2004. 316 с.

7. Пузырев С.С., Ковалева О.П. Ресурсосберегающая технология переработки макулатуры. Часть 8. Удаление печатной краски / ЛесПромИнформ, 2007. № 4 (44). С. 104-108.
8. Ковалева О.П. Ресурсосберегающая технология переработки макулатуры. Часть 11. Удаление печатной краски методом флотации / ЛесПромИнформ, 2007. № 9 (49). С. 138-141.
9. Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. Архангельск: АГТУ. 2007. 1118 с.
10. Моисеев Б.Н., Смоляницкий Б.З. Переработка макулатуры. Москва: Лесная промышленность. 1980. 176 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
1. ОБЛАГОРОДЖУВАННЯ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ. МІСЦЕ ФЛОТАЦІЇ В ОБЛАГОРОДЖУВАННІ	5
2. ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ	11
2.1. Технологічні засади процесу флотації макулатурної маси	11
2.2. Особливості технологічних схем флотації макулатурної маси ...	13
2.3. Обладнання для флотації макулатурної маси	16
2.4. Процеси, пов'язані з видаленням фарби	29
2.4.1. Механізм відділення фарби від волокна, роль використовуваних хімікатів	30
2.4.2. Повторне осадження фарби на волокнах	31
2.4.3. Флотація маси	32
2.4.4. Хімікати, що використовуються в процесі флотації	35
2.4.5. Боротьба з відкладеннями жирних кислот і деревної смоли (смоляних кислот) на ПРМ. Вплив рН	43
2.4.6. Ферментне оброблення макулатурної маси	44
3. ЛИПКІ ЗАБРУДНЕННЯ В МАКУЛАТУРНІЙ МАСІ	46
3.1. Характеристика липких забруднень в макулатурній масі та основних процесів їх видалення	46
3.2. Видалення липких включень з макулатурної маси методами флотації і мікрофлотації	49
3.3. Загальні рекомендації з видалення липких частинок з	

макулатурної маси	50
4. ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ	52
4.1. Чинники, що пов'язані з якістю макулатури	52
4.1.1. Види і склад фарби, що міститься в макулатурі	53
4.1.2 Спосіб закріплення фарби на поверхні паперу	58
4.2. Чинники, що пов'язані з приготуванням волокнистої суспензії (перша фаза облагородження)	62
4.3. Чинники, що пов'язані з проведенням процесу флотації	67
5. ПРИСТРОЇ ДЛЯ ОБРОБКИ ПІНИ ПІСЛЯ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ	70
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	73

Н а в ч а л ь н е в и д а н н я

Мовчанюк Ольга, канд. техн. наук, доцент

Остапенко Аліна, канд. техн. наук

ФЛОТАЦІЯ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

Навчальний посібник

для студентів вищих навчальних закладів

В авторській редакції